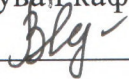


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Первомайський навчально-науковий інститут

Кафедра «Енергетичне машинобудування»

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри



« ____ » _____ 2024 р.

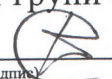
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: Аналіз техніко-економічних показників 4-тактного двигуна потужністю 400 кВт при зміні виду палива та вдосконаленні конструкції поршня. Прототип 6ЧН 25/34.

Виконав:

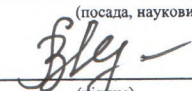
студент групи 63-ТЕМмаг-23


_____ **Солтик Д.В.**
(підпис)

Керівник роботи:

доцент кафедри ЕМ, к.т.н., доцент

(посада, науковий ступень, вчене звання)


_____ **Нестеренко В.В.**
(підпис)

Первомайськ - 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Первомайський навчально-науковий інститут
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

Кафедра «Енергетичне машинобудування»

Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»

Освітня програма «Технології енергетичного машинобудування»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

(підпис)

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Студенту Солтику Дмитру Володимировичу

1. Тема роботи: «Аналіз техніко-економічних показників 4-тактного двигуна потужністю 400 кВт при зміні виду палива та вдосконаленні конструкції поршня. Прототип 6ЧН 25/34.».

Керівник роботи Нестеренко В.В.

Затверджено розпорядженням ПННІ НУК від 09.09.2024 року за № 50.

2. Термін подання студентом роботи до розгляду на кафедрі 25.11.2024 року.

3. Вихідні данні по роботі: Двигун-прототип Прототип 6ЧН 25/34 потужністю 345 кВт.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів).

Вступ. 1. Загальний розділ. 2. Конструкторський розділ. 3. Технологічний розділ.

4. Охорона праці та навколишнього середовища. Загальні висновки по кваліфікаційній роботі.

5. Перелік презентаційних матеріалів.

1. Двигун 6ЧН 25/34 (СК). 2. Поршень (СК). 3. Поршень (РК). 4. Діаграма індикаторна та діаграми сил, що діють в КШМ (СХ)

6. Консультанти роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «09» вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітки
1	Вступ.		
2	Загальний розділ.	16.09.2024	
3	Конструкторський розділ.	23.09.2024	
4	Науковий розділ.	07.10.2024	
5	Охорона праці та навколишнього середовища.	28.10.2024	
6	Загальні висновки по кваліфікаційній роботі.	18.11.2024	
7	Оформлення кваліфікаційної роботи	25.11.2024	
		09.12.2024	

Студент


(підпис)

Солтик Д.В.

Керівник
роботи


(підпис)

Нестеренко В.В.

Анотація

В кваліфікаційній роботі, відповідно до завдання, спроектовано газовий двигун з наддувом потужністю 400 кВт на базі прототипу 6ЧН 25/34, та розроблено конструкцію поршня.

Здійснено загальний опис дизель-генератора та детальний опис його силової установки – двигуна-прототипу 6ЧН 25/34

Виконано розрахунок параметрів робочого циклу двигуна, на основі отриманих результатів якого, побудовано теоретичну та дійсну індикаторну діаграми. Визначено величини складових зовнішнього теплового балансу двигуна, а також сили та моменти що діють в кривошипно-шатунному механізмі двигуна.

Проаналізовано існуючі схеми шатунно-поршневого механізму. Для забезпечення високих ресурсних показників запроєктованого двигуна та надійності його роботи змінено тип камери згоряння внаслідок зміни конструкції поршня. Виконано розрахунок основних параметрів поршня та підібрано для нього оптимальне конструктивне виконання.

Також було розраховано норми часу на виконання технологічних операцій то розроблено технологічний процес складання поршневої групи, який наведено в додатках.

В проекті розглянуто основні проблеми щодо захисту навколишнього середовища та охорони праці під час експлуатації двигуна. Проаналізовано можливі небезпеки при експлуатації та під час обслуговування дизельного двигуна, проведені розробки заходів з охорони праці та навколишнього середовища. Визначено рівні шуму та вібрації проектованого двигуна.

В графічній частині виконано креслення: поперечний розріз двигуна, складальне креслення поршня, робоче креслення поршня; індикаторної діаграми та сил, що діють в шатунно-поршковому механізмі.

Ключові слова: дизельний двигун, робочий цикл, паливна система, форсунка, токсичні викиди, вібрація, шум.

Annotation

In the diploma project, in accordance with the task, a 400 kW supercharged gas engine was designed based on the 6chn 25/34 prototype, and a piston design was developed.

A general description of the diesel generator and a detailed description of its power plant-the prototype engine 6CHN 25/34 are carried out

The parameters of the engine duty cycle are calculated, based on the results obtained, and theoretical and actual indicator diagrams are constructed. The values of the components of the external heat balance of the engine, as well as the forces and moments acting in the crank mechanism of the engine, are determined.

The existing schemes of the connecting rod-piston mechanism are analyzed. To ensure high service life of the designed engine and reliability of its operation, the type of combustion chamber has been changed due to changes in the design of the piston. The main parameters of the piston are calculated and the optimal design is selected for it.

The project deals with the main problems of Environmental Protection and labor protection during engine operation. Possible hazards during operation and maintenance of the diesel engine were analyzed, and measures for labor and Environmental Protection were developed. The noise and vibration levels of the projected engine are determined.

In the graphic part, drawings are made: a cross-section of the engine, an assembly drawing of the piston, a working drawing of the piston; an indicator diagram and forces acting in the connecting rod-piston mechanism.

Key words: diesel locomotive, diesel engine, duty cycle, fuel system, injector, toxic emissions, vibration, noise.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	
1.1. Опис електростанції на базі газового двигуна 6ГЧН 25/34	7
1.2. Опис конструкції базового двигуна	9
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	
2.1 Вимоги до проектного двигуна	24
2.2 Визначення параметрів робочого циклу газового двигуна з наддувом.	26
2.3 Розрахунок теплового балансу двигуна	37
2.4 Розрахунок індикаторної діаграми	42
2.5 Динамічний розрахунок двигуна	46
2.6 Аналіз ефективних показників проектного двигуна та двигуна-прототипу	52
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Призначення, опис та аналіз існуючих систем та механізмів	54
3.2 Вибір конструкції проектного поршня	56
3.3 Опис конструкції запроектованого поршня	62
3.4 Розрахунок запроектованого поршня на міцність	65
3.5 Розробка технологічного процесу складання поршня	69
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	
4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів створених спроектованим двигуном. Техніка безпеки та протипожежний захист в експлуатації	74
4.2 Охорона навколишнього середовища	81

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ							
Зм.	Арк..	№ документа	Підпис	Дата	Пояснювальна записка				Літера		Лист	Листів
Розробив	Солтик Д.В.								н		3	86
Перевірив	Нестеренко В.В								63-ТЕМмаг-23			
Н. контр	Нестеренко В.В											
Затвердив	Нестеренко В.В											

ВИСНОВКИ
ЛІТЕРАТУРА

ДОДАТКИ:

Додаток 1 Специфікація двигуна 6ГЧН25

Додаток 2 Поперечний переріз двигуна 6ГЧН25

Додаток 3 Специфікація поршневої групи

Додаток 4 Складальне креслення поршня

Додаток 5 Робоче креслення поршня

Додаток 6 Діаграма індикаторна та діаграми сил, що діють в
КШМ

Додаток 7 Технологічний процес складання поршневої групи

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						4
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) широко застосовуються в усіх галузях народного господарства і в майбутньому вони також являтимуться джерелом енергії для різних енергетичних установок. Постійно відбувається розширення їх вдосконалення. Тому перед виробниками двигунів стоїть задача вдосконалення ДВЗ стосовно їх призначення. Двигун внутрішнього згоряння – циклічний тепловий двигун, що, як відомо, є одним з його недоліків. Разом з цим циклічний принцип здійснення робочого процесу дозволяє реалізовувати в двигуні внутрішнього згоряння високу температуру та тиск газу, завдяки чому ДВЗ є більш економічними енергетичними установками в порівнянні з іншими тепловими двигунами.

Світове дизелебудування розвивається дуже інтенсивно і має цілий ряд важливих напрямів, які властиві і вітчизняному дизелебудуванню :

- підвищення циліндрових і агрегатних потужностей за рахунок форсування по середньому ефективному тиску і частоті обертання;
- підвищення паливної і масляної економічності;
- забезпечення надійності, високих ресурсів до першої перегородки і до капітального ремонту;
- оснащення дизелів і агрегатів на їх базі ефективними системами автоматизації на базі мікропроцесорної техніки, адаптивними механізмами;
- зниження питомої маси;
- пристосування двигунів для роботи на альтернативних видах палива, в першу чергу на різних видах газового палива.

Але розвиток конструкції ДВЗ в теперішній час відбувається в умовах інтенсивного виснаження світових запасів нафти і жорстоких вимог до екологічних характеристик двигуна: токсичності, рівня шуму і вібрацій. Це ускладнює вирішення задачі про вдосконалення технічних характеристик ДВЗ.

Успішне вирішення цих проблем в основному визначається принциповим

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						5
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підходом до проектування двигунів з врахуванням їх типу, призначення і особливостей експлуатації. Одним з основних напрямків подальшого розвитку двигунобудування є переобладнання двигунів, що працюють на дорогому дизельному паливі, на двигуни, які працюватимуть на більш дешевшому паливі – природному газі.

В порівнянні з дизельними двигунами газові двигуни мають набагато нижчий середній ефективний тиск та максимальний тиск згоряння. Наслідком цього є поява детонаційного згоряння в циліндрах двигуна при високому тиску газоповітряної суміші, перегріву деталей камери згоряння, підвищеній витраті масла, яке попадає в камеру згоряння.

Проектований газовий двигун призначений для приводу електричного генератора змінного струму стаціонарної електростанції. Для забезпечення надійної роботи газового двигун-генератора з високими техніко-економічними показниками при підвищеній потужності в конструкції поршня передбачено ряд змін, які дозволять зменшити тертя поршневих кілець, а отже підвищити механічний коефіцієнт корисної дії двигуна, що позитивно вплине на витрати газового палива, збільшить ресурсні показники деталей циліндро-поршневої групи двигуна.

В ході виконання даної кваліфікаційної роботи планується спроектувати стаціонарну електростанцію на базі чотиритактного газового двигуна потужністю 400 кВт (прототип 6ЧН 25/34) та дослідити вплив зміни виду палива на експлуатаційні параметри роботи двигуна. В процесі роботи над технологічним розділом кваліфікаційної роботи планується модернізувати конструкцію поршня.

Вище зазначені аспекти дослідження буде висвітлено в доповіді на науково-практичному форумі «Енергозбереження як енергетична безпека України», який відбудеться 19 грудня 2024 року у Первомайському науко-навчальному інституті НУК імені адмірала Макарова.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис електростанції на базі газового двигуна 6ГЧН 25/34

При розробці стаціонарної електростанції на базі газового двигуна внутрішнього згоряння, що повинен забезпечити електроенергією користувача, в якості базового двигуна був обраний дизель 6ЧН 25/34.

Стаціонарна автоматизована дизель-електрична станція потужністю 350 кВт на базі дизель-генератора ДГА-350, розміщена в капітальному приміщенні, призначена для використання як основного, або резервного джерела електропостачання трифазним змінним струмом напругою 380 В і частотою 50 Гц для промислових і комунальних об'єктів. Режим роботи – автономний або паралельний з електричною мережею необмеженої потужності.

Електростанція забезпечує тривалу надійну роботу за наступних умов:

- температура повітря, що оточує дизель-генератор від +8 до +45°C;
- температура зовнішнього повітря від -22 до +47°C;
- відносна вологість не більш 88%;
- висота над рівнем моря до 1000 м;
- сейсмічність за шкалою Ріхтера до 8 балів.

Електростанція може працювати в ручному, автоматизованому і автоматичному режимі управління.

Автоматизований дизель-генератор ДГА-350 призначений для використання на електростанціях в якості основного або допоміжного джерела електроенергії змінного трифазного струму в режимі автономної або паралельної роботи між собою чи з промисловою мережею.

Дизель-генератор складається з газового двигуна 6ГЧН 25/34 і синхронного генератора перемінного струму типу СГ2-85/45-12, змонтованих на сумісній рамі. Рама дизель-генератора зварної конструкції.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						7
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дизель 6ГЧН 25/34 повністю закапотований. Паливні насоси високого тиску встановлюються на верхні повздовжні площині блока.

Силова установка розташована на фундаменті для зменшення вібрації та шуму. Приміщення має достатнє природне та штучне освітлення яке забезпечується великою кількістю віконних отворів.

Система вентиляції призначена для видалення з укриття надлишків тепла при роботі дизель-генератора і подачі свіжого (зовнішнього) повітря для забезпечення роботи двигуна.

Система вентиляції складається з витяжного вентилятора від якого повітря потрапляє до витяжного трубопроводу. Приміщення також вентилується приточною вентиляцією.

Електростанція має звукоізований пост керування, що має гарний огляд машинного приміщення. Він обладнаний пультом керування та приборними панелями, на яких імітовані схеми систем обслуговуючих установку, з точками від яких потрапляє інформація про стан установки (температура та тиск робочих рідин, газу повітря, також контролюється частота обертання колінчатого валу).

В машинному приміщенні електростанції знаходиться обладнання, що обслуговує двигун, а саме: балон пускового повітря, компресор, бак мастила та розширювальний бачок води, теплообмінник утилізаційний є складовими елементами відповідно системи пуску, системи мащення, охолодження, газовихлопу.

Блок охолодження циркуляційної води зовнішнього контуру (градирня) та глушник-іскрогасник винесені з приміщення.

Машинне приміщення обслуговується 15-тонним мостовим краном, що має висячу колодку з кнопками керування.

Також в машинному приміщенні встановлена автоматизована протипожежна система.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						8
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Опис конструкції базового двигуна.

Дизельний двигун 6ЧН25/34 – чотиритактний, тронковий, простої дії, з газотурбінним наддувом, нереверсивний і відноситься до складу середньо-оборотних двигунів. Дизель призначений для використання в якості приводу генератора.

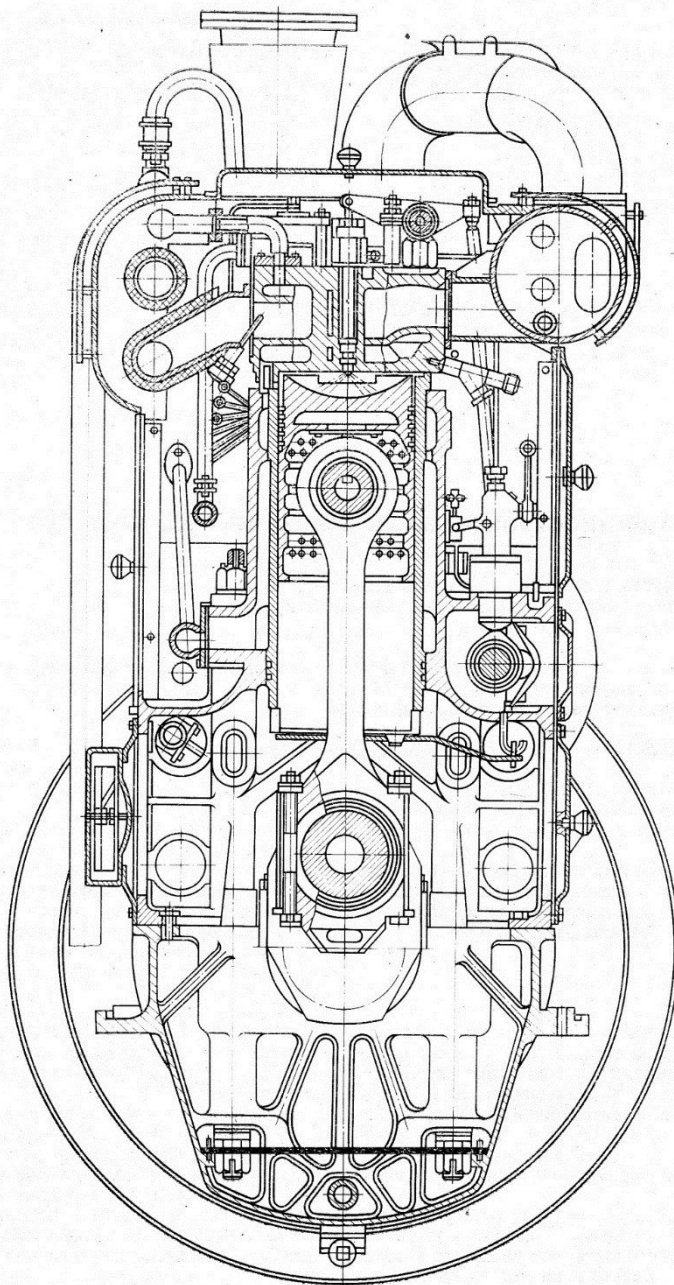


Рисунок 1.1 – Поперечний розріз двигуна 6ЧН25/34

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

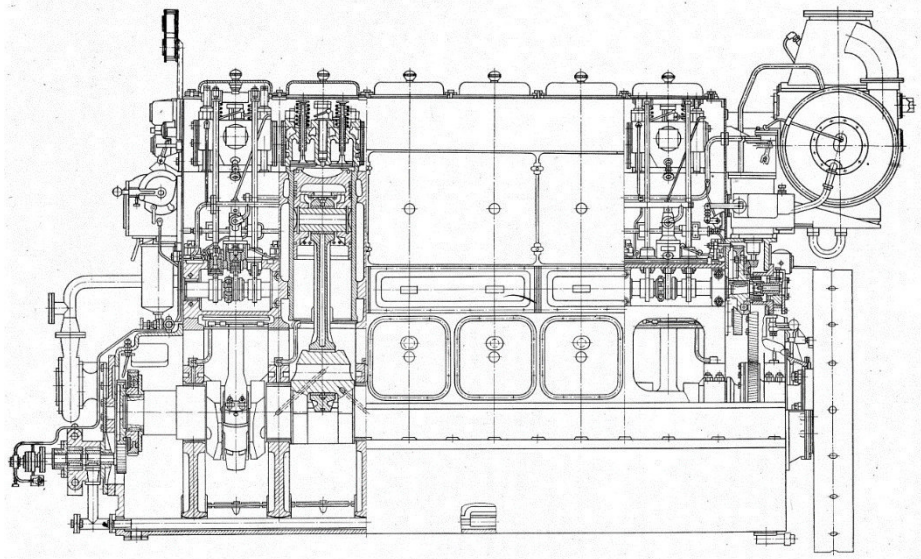


Рисунок 1.2 – Поздовжній розріз двигуна 6ЧН25/34.

Фундаментна рама відлита з чавуну, суцільна або зварно-складова, очвоподібної форми, забезпечена поперечними перегородками, посилена ребрами. Внутрішня порожнина рами служить для збору мастила, яке стікає з деталей двигуна що підлягають тертю, і мастила після охолодження поршня. В постелях, розточених в поперечних перегородках рами і кришках, встановлюються вкладиші рамових підшипників колінчастого валу.

З обох боків по всій довжині, фундаментна рама має приливи з отворами для болтів кріплення двигуна до рами. З боку вільного кінця валу двигуна до рами кріпиться кришка, на яку встановлюються два водяних і один масляний насоси, а з боку маховика – кожух фланця колінчастого валу з масло відбивним кільцем і сальниковим ущільненням.

У днищі фундаментної рами дизеля 6ЧН 25/34 з цільною рамою – один зливний отвір знаходиться з боку переднього торця, а другий – посередині. На площині роз'єму блоку з рамою є канавка, в яку укладається гумовий шнур ущільнювача.

Блок-картер чавунний. У верхній частині блоку розміщені втулки робочих циліндрів. Простір між втулками і стінками блоку служить для циркуляції холодної води.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

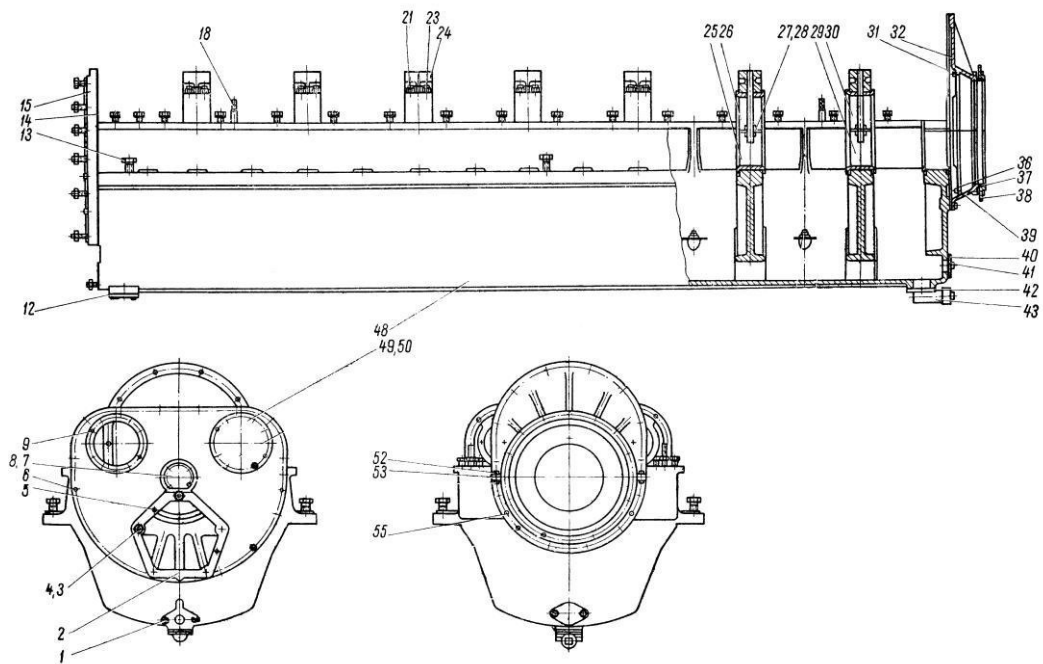


Рисунок 1.3 – Фундаментна рама

1 – болт М12, 2 - прокладення, 3 - гайка М16, 4 - шпилька М16, 5 - штифт конічний, 6 - штифт конічний, прокладення, 8 - заглушка, 9 - штифт циліндричний, 12 - фланець квадратний глухий, 13 - болт М20х1.5, 14 – прокладення, 15 - кришка передня, 18 - штифт конічний, 21 - шпилька, 23 - гайка М22, 24 - кришка підшипника, 25 - вкладиш нижній опорний, 26 - вкладиш верхній опорний, 27 - прокладення, 28 - штифт циліндричний, 29 - вкладиш нижній наполегливий, 30 - вкладиш верхній наполегливий, 31 - прокладення, 32 - кожух верхній, 36 - відбивач, 37 - кільце сальникове, 38 - півкільце нажимное, 39 - кожух нижній, 40 – прокладення, 41 - фланець, 42 - прокладення, 43 - коробка зливна, 48 - рама фундаментна, 49 - прокладення, 50 - фланець, 52 - болт М10, 53 - прокладення, 55 - штифт конічний.

Порожнина охолодження ущільнюється мідною прокладкою, що встановлюється під верхній борт втулки і двома гумовими кільцями, розташованими в кільцевих виточках нижнього поясу втулки робочого циліндру.

В проточку на верхньому торці втулки робочого циліндра встановлюється мідна прокладка. В отворах поперечних перегородок встановлюються анкерні пов'язі. Нижня частина блоку є частиною картера двигуна. Зі сторони розподілення по всій довжині блоку є горизонтальна полиця, на якій встановлені корпуси штовхачів впускних і випускних клапанів.

В порожнині під полицею розташований підшипник розподільного валу, один з яких (перший від маховика) упорний. Порожнина закрита щитами. Для доступу до механізму руху і рамових підшипників в нижній частині блоку з обох

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

сторін є люки, що зачинені кришками, на яких встановлені запобіжні клапани.

До переднього торця блока кріпиться кожух шестерень приводу насосів та щит з кронштейнами для встановлення турбокомпресора. До заднього торця блоку кріпляться валик з комплектом проміжних шестерень, кожух шестерень приводу розподільного валу і щит з кронштейном для встановлення щита приладів.

У верхню полицю блока вкручені шпильки для кріплення кришок робочих циліндрів. Верхня частина бокових сторін блоку закрита щитами. Кожен рамовий підшипник складається з нижнього і верхнього вкладишів. Вкладиші сталевобабітові. Від обертання і осьового зміщення вкладиші утримуються виступами.

Упорний вкладиш від маховика має бронзові напівкільця, розташовані у виточках фундаментної рами. Упорні напівкільця можуть вийматися без виймання колінчастого валу.

Вкладиші у вільному стані мають перевищення по площині розніму відносно розточок в кришці і рамі, дякуючи чому після обтиску підшипника забезпечується щільне прилягання зовнішніх поверхонь вкладишів до поверхонь розточок в кришці рами. Вкладиші підшипників можуть вийматися та встановлюватися без виймання колінчастого валу за допомогою спеціальних пристроїв.

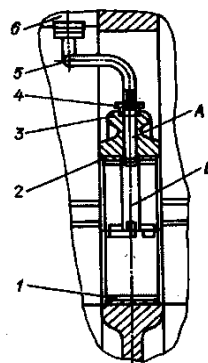


Рисунок 1.4 – Рамовий підшипник.

1-вкладиш нижній; 2-вкладиш верхній; 3-кришка підшипника; 4-фланець; 5-трубка; 6-головна магістраль.

Масило в підшипники надходить з головної магістралі по трубі і отвору в кришці. З рамового підшипника, масло по каналам в колінчастому валі подається

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

до шатунних підшипників. Звідти масло по каналам в стрижнях шатуна подається до головних підшипників і на охолодження головки поршня. Кільцева канавка на внутрішній поверхні верхнього вкладишу рамового підшипника забезпечує безперервне надходження мастила до шатунних підшипників.

Втулка робочого циліндра виготовлена з чавуну, вставна. Нижній кінець втулки не закріплений і вона вільно подовжується при нагріванні під час роботи двигуна. У проточку на верхньому торці встановлюються мідні прокладки для ущільнення камери згоряння. Під час роботи двигуна, втулки змащуються мастилом, яке подається на дзеркало втулки циліндра рухомими частинами колінчастого валу та шатуна. Для кращого прироблення циліндро-поршневої групи (ЦПГ) двигуна внутрішня поверхня втулки фосфатується.

Кришка робочого циліндру виготовлена з чавуну, окрема для кожного циліндру, кріпиться до блок-картеру чотирма шпильками. На днищі кришки є борт, який входить в проточку на втулці робочого циліндру. Під борт для ущільнення камери згоряння встановлюється прокладка з відпаленої червоної міді. Вибором товщини прокладки встановлюється висота камери згоряння. На стояках встановлена вісь, на якій розташовані два коромисла для приводу клапанів.

Змащення їх підшипників відбувається маслом з системи мащення двигуна. На одному кінці коромисла є регулюючий гвинт з кухлевою головкою, що входить у сферичне заглиблення верхнього наконечника штанги штовхача. Для забезпечення високих ресурсів клапанів в кришку встановлюються на пресовій посадці сідла клапанів із спеціального сплаву, фаски випускних клапанів мають наплавлення твердим сплавом. Організоване охолодження забезпечує ефективне відведення тепла від найбільш навантажених в тепловому відношенні елементів днища кришки.

Форсунка кріпиться до кришки спеціальною скобою, ущільнення форсунки у вогняному днищі мідною прокладкою. Порожнина палива відокремлена від масляної, є спеціальний дренаж.

Паливопроводи тиску і охолодження форсунок прокладені під закриттям

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						13
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кришки циліндра, що складається з корпусу закриття і легко знімної кришки. На кришці змонтовані пусковий клапан, запобіжний клапан і індикаторний кран, які встановлені на спеціальному фланці.

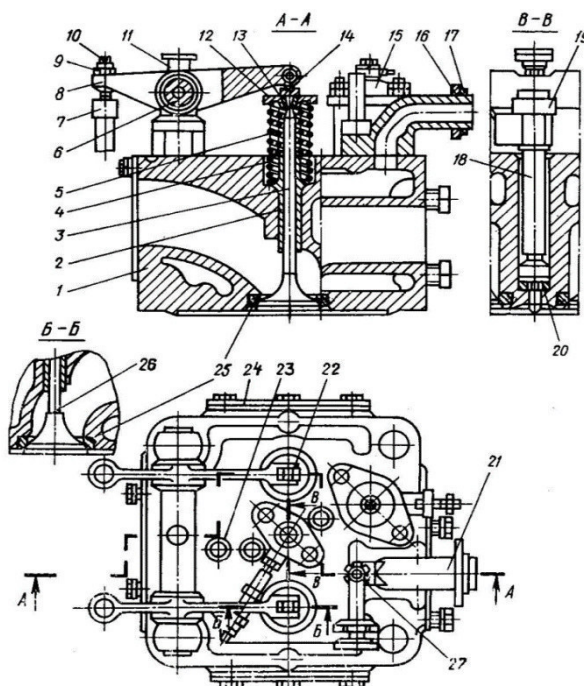


Рисунок 1.5 - Кришка робочого циліндра.

1-кришка; 2-направляюча втулка; 3-впускний клапан; 4-пружина натискна; 5-пружина внутрішня; 6-вісь; 7-штанга; 8-коромисло; 9-контргайка; 10-гвинт натискний; 11-масльонка ковпачкова; 12-тарілка пружини; 13-замок конічний розрізний; 14-сухар; 15-пусковий клапан; 16,19-фланець; 17-гумове кільце; 18-форсунка; 20-прокладка; 21-переливна раковина; 22-ролик; 23-клапан запобіжний; 24-кришка люка; 25-сідло клапана; 26-випускний клапан; 27-клапан декомпресійний.

Гайки силових шпильок кріплення кришки циліндра до блоку передбачено затягувати за допомогою гідродомкратів. Зі сторони випуску розміщений пусковий клапан, зі сторони впуску запобіжний клапан. Індикаторний кран встановлюється на кожній кришці циліндра, служить для приєднання приладу для виміру тиску в циліндрі. На корпусі є з одного боку різьблення для укручування крана в перехідник, з іншою – різьблення для приєднання приладів.

Колінчастий вал сталевий, суцільно кований, має сім рамових і шість шатунних шийок, при цьому остання рамова шийка не використовується. Кривошипи дизеля 6ЧН 25/34 розташовані по відношенню один до одного під

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

кутом 90° . Мастило з канавок рамових підшипників поступає до шатунних підшипників по каналах, які з'єднують рамові шийки з шатунами, минаючи внутрішні порожнини шийок.

На передньому кінці валу встановлені шестерні приводу масляного і водяного насосів. Шестерня приводу масляного насоса болтами і штифтами жорстко сполучена з маточиною демпфуючої шестерні. Демпфуюча шестерня насаджена на маточину, яка шпонкою жорстко сполучена з колінчастим валом. Це забезпечує надійну роботу зубчатих зачеплень приводу водяних насосів. Від осевого зміщення шестерня утримується упорним кільцем з одного боку і кільцем опорним та чотирма болтами з другого боку.

Маховик переднього торця за допомогою шпонки з'єднаний з колінчастим валом і утримується від осевого зміщення упорним кільцем з одного боку і буртом колінчастого валу з іншого. На задньому кінці валу є опорна кільцева поверхня на яку насаджена шестерня колінчастого валу, яка призначена для приводу розподільного валу через проміжну пару шестерень. Від осевого переміщення утримується шістьма притисками, які кріпляться болтами.

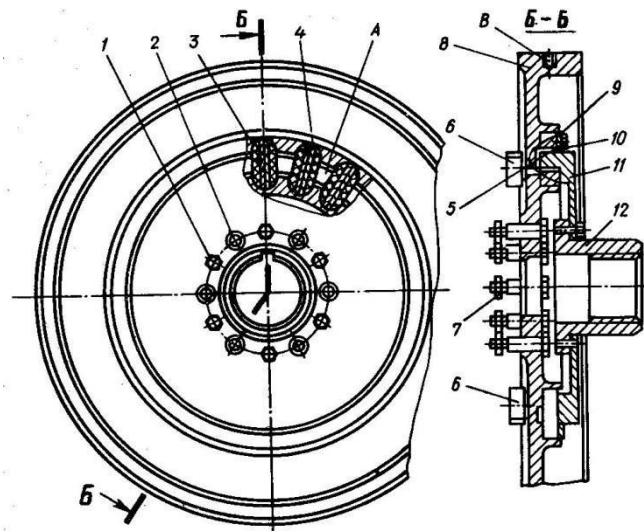


Рисунок 1.6 – Маховик з напівмуфтою.

1,5-гвинт; 2-штифт; 3-колодка гумова; 4-пластина; 6-ударник; 7-гвинт прізойний; 8-маточина; 9-кільце; 10-проволока; 11-напівмуфта; 12-ступеця.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Шатун виготовлений з вуглецевої сталі. Стрижень шатуна двотаврового перетину має в центрі канал. У верхній головці шатуна проти каналу виконана кільцева канавка, а в нижній головці – канали, по яких мастило з шатунного підшипника потрапляє в головний.

У розточування верхньої головки шатуна запресована бронзова втулка, яка є головним підшипником. На внутрішній поверхні втулки виконані кільцева канавка і вісім отворів. Мастило з каналу поступає в кільцеву канавку у верхній головці шатуна, а потім в розпилювач на охолодження поршня і одночасно через отвори втулки – в кільцеву канавку на змащування поршневого пальця.

У нижній головці шатуна розташовані тонкостінні сталєалюмінієві вкладиші шатунного підшипника. Від провертання і осьового переміщення вкладиші утримуються штифтом і шатунними болтами.

Кришка шатунного підшипника кріпиться до стрижня шатуна чотирма шатунними болтами. Взаємне положення стрижня і кришки фіксується штифтом.

Шатунні болти виготовлені з високолегованої сталі. Гайки шатунних болтів після затягування стопоряться дротом від мимовільного відгвинчування.

Поршень суцільнолитий, овальний, виготовлений з чавуну, охолоджуваний і має канавки, в які встановлюються компресійні і маслоснімні кільця.

У днищі поршня виконана камера згорання і є різьбові отвори під рими для виїмки поршня з шатуном. Поршень і шатун з'єднуються сталевим, порожнистим поршневим пальцем. Зовнішня поверхня пальця цементована і загартована. Від осьового переміщення палець утримується стопорними кільцями, встановленими в кільцевих канавках бобишок поршня.

Кільця виготовлені з високоміцного чавуну. Комплект поршневих кілець складається з трьох компресійних і двох здвоєних маслоснімних кілець. Компресійні і маслоснімні кільця мають в перетині прямокутну форму і прямий замок. Верхнє і середнє кільце з зносостійким покриттям (хромоване), нижнє – без напилення, але кільця фосфатовані. Маслоснімні кільця мають гострі кромки, які при установці в канавки повинні бути направлені донизу.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						16
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Паливний насос здійснює стиснення палива до тиску уприскування. Уприскування палива відбувається через форсунку в камеру згорання циліндра дизеля. Кожен паливний насос високого тиску золотникового типу. У корпус насоса вставлена втулка з притертим до неї плунжером. Втулка і плунжер є прецизійною парою.

Зовні на втулку плунжера одягнена шестерня, що входить в зачіпляючи із зубами рейки, цим забезпечується регулювання циклової подачі. Втулка плунжера кріпиться стопорним гвинтом. Шестерня утримується верхньою шайбою, яка підтискається до корпусу пружиною. Нижній торець пружини спирається на підставу направляючого стакана. Щоб стакан не випав разом з плунжером, в канавку під стаканом вставлене стопорне кільце.

На плунжері є хвостовик, який входить в пази на шестерні. Таким чином, при русі рейки повертаються шестерня і плунжер насоса. Переміщення рейки обмежується болтом і вибіркою в рейці. Зверху до корпусу насоса кріпиться чотирма шпильками і гайками фланець накидний, який служить для закріплення нагнітального клапана за допомогою штуцера. Кількість палива, що виштовхується плунжером, регулюється кінцем подачі. Через порожнину насосів постійно відбувається рециркуляція палива, чим забезпечується рівномірне прогрівання насосів і деаерація палива. Форсунка призначена для розпилювання палива, що подається в камеру згорання газодизеля. Форсунка закритого типу, двох пружинна з гідравлічним управлінням підйому голки і охолодженням розпилювача.

Паливо, що подається паливним насосом високого тиску, проходить через щілистий фільтр і по каналу в корпусі форсунки поступає до розпилювача. Поверхні корпусу форсунки і корпусу розпилювача фіксуються штифтом і стягуються наживним ковпаком.

Витоки палива через зазор між голкою і корпусом розпилювача відводяться по каналу регульовального гвинта у відведення витоків. Підведення і відведення рідини охолодження розпилювача здійснюється через штуцери.

Паливна система дизеля виконана таким чином, що дозволяє працювати на

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						17
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

легкому дизельному паливі із змістом сірки не більш 0,5%. Для ліквідації застійних зон система підведення палива до паливних насосів високого тиску виконана проточною.

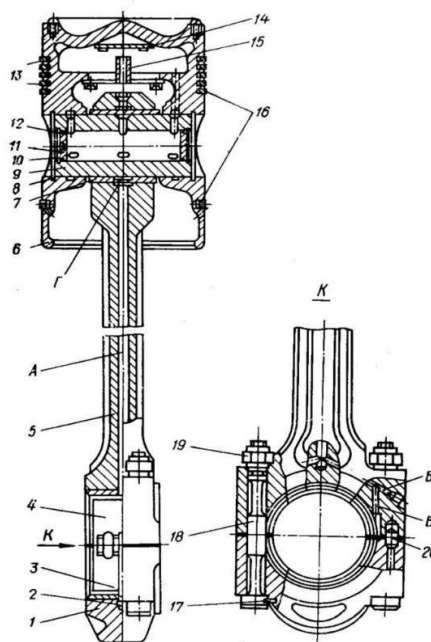


Рисунок 1.7 – Поршень з шатуном.

1-кришка шатунного підшипника; 2,17,20-штифт; 3-вкладиш нижній; 4-вкладиш верхній; 5-стержень шатуна; 6-поршень; 7-втулка; 8,10-стопорне кільце; 9-поршневий палець; 11-заглушка; 12-ущільнююче кільце; 13-компресійне кільце; 14-кришка; 15-трубка; 16- кільце масло з'ємне; 18-шатунний болт; 19-гайка шатунного болта.

Дизельне паливо з витратного бака паливопідкачним насосом через паливний фільтр тонкого очищення подається в систему дизеля до насосів високого тиску. Паливні насоси високого тиску, відповідно до порядку роботи циліндрів, по трубках високого тиску подають дозовану кількість палива у форсунки. Форсунки, досягши тиску палива в підгольчатому просторі розпилювача $270+11 \text{ кгс/см}^2$ уприскують паливо в циліндри дизеля. Форсунки – охолоджувані.

Надлишки палива після кожного насоса ВТ збираються в колектор відведення палива і по трубопроводу поступають на охолодження форсунок. Нагріте паливо після форсунок по колектору через редукційний клапан зливається у витратний бак, де відбувається його охолодження.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Трубопроводи високого тиску сполучені між собою колектором, через який відбувається скидання палива, що поступає в нього при розриві будь-якого з трубопроводів високого тиску, у витратний бак через клапан.

Витоки палива з форсунок по трубках поступають в колектор відвідний і по трубопроводу зливаються в бак палива.

Для підтримки в паливній системі надмірного тиску в колекторі відведення палива після охолодження форсунок у витратний паливний бак встановлений редукційний клапан, відрегульований на тиск $1,0 \pm 0,4$ кГс/см² по манометру на щиті приладів.

Для оберігання трубопроводів від руйнування на паливopідкачиному насосі встановлений редукційний клапан, відрегульований на тиск $3,0 \pm 0,2$ кГс/см² по манометру на щиті приладів.

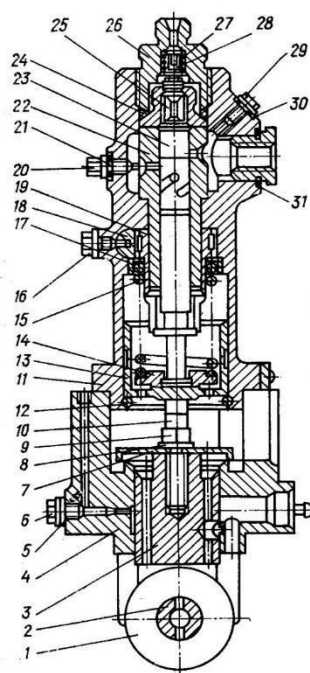


Рисунок 1.8 – Паливний насос з приводом

1-ролик; 2-вісь; 3-повзун; 4,11-корпус; 5,21,30,31-прокладка;6,29-пробка;7-паливовітражач;8-шайба;10-штовхач;13-стакан;14-тарілка плунжера;15-пружина;16,20-болт;17-тарілка верхня; 18-рейка; 19-шестерня; 22-втулка плунжера;23-плунжер;кільце ущільнююче; 25-клапан нагнітальний; 26-штуцер нажимний; 27-пружина; 28-обмежувач;

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

При заповненні системи паливом повітря, що є в трубопроводах, відводяться через пробки, які розташовані на корпусі фільтру тонкого очищення палива і корпусах паливних насосів.

Система дозволяє запускати двигун стислим повітрям, яке подається в циліндри, при будь-якому положенні колінчастого валу. Процес пуску виконується місцевим (на двигуні) або дистанційним відкриттям (натисненням кнопки) головного пускового клапана. При цьому стисле повітря подається до розташованих в циліндрах пускових клапанів (спочатку ці клапани закриті) і одночасно до розподільника повітря.

Розподільник повітря відкриває доступ управляючого повітря до пускового клапана, коли поршень відповідного циліндра знаходиться у В.М.Т., перед тактом робочого ходу.

Тиск управляючого повітря відкриває пусковий клапан в циліндрі і дозволяє повітря з головної магістралі заповнити циліндр. Тиск стислого повітря на поршні приводить в обертання кривошипно-шатунний механізм двигуна. Коли досягається частота обертання, при якій запалає газоповітряна суміш від свічок запалення, двигун запускається. Після пуску, відпуском кнопки головно-пусковий клапан закривається. На головній магістралі встановлено запобіжний пристрій, який оберігає вузли системи від руйнування при прориві вихлопних газів, у разі зависання пускових клапанів.

Система змащення двигунів комбінована, під тиском і розбризкуванням. Під час роботи двигуна система забезпечує безперебійне надходження мастила до всіх деталей, що труться, і вузлів.

У систему змащення входять: приймальний фільтр 10, двохсекційний масляний насос 8 і 3, фільтр мастила 9, охолоджувач мастила 5, центрифуга, електронасосний агрегат передпускового прокачування мастила 7, бак мастила 2, система трубопроводів.

Мастило з фундаментної рами через приймальний фільтр засмоктується секцією насоса, і поступає по трубі до центрифуг і потім в бак.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						20
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При підвищенні рівня в баку мастило по переливній трубі зливається у фундаментну раму двигуна. З бака очищене мастило забирається нагнітальною секцією насоса і подається в головну масляну магістраль, пройшовши заздалегідь охолоджувач мастила, регулятор температури масла і фільтр масла.

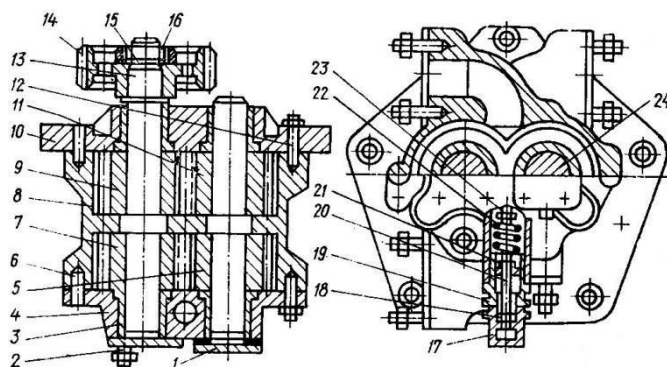


Рисунок 1.9 – Насос масляний.

1-фланець глухий; 2,12-шпилька; 3-втулка; 4-кришка передня; 5,11-шестерня ведена; 6-штифт; 7,9-шестерня ведуча; 8-корпус насоса; 10-кришка задня; 13-вал ведучий; 14-шестерня приводна; 15-стопорна шайба; 16-гайка; 17-ковпак; 18-контргайка; 19-штуцер; 20-гвинт регулювальний; 21-тарілка; 22-пружина; 23-клапан; 24-вал ведений.

Залежно від температури масла чутливий елемент регулятора регулює потік масла, направляючи його або через охолоджувач масла, або мимо нього. З головної магістралі по трубах масло поступає до рамових підшипників, звідти по каналах в шийках і щоках колінчастого валу до шатунних підшипників і по каналах в шатунах до головних підшипників і на охолодження поршнів. З підшипників і поршнів масло стікає в картер двигуна розбризкуючись частинами шатунно-поршневої групи, що обертаються, і, потрапляючи на втулки циліндра, змащує їх.

Електронасосний агрегат передпускового прокачування масла забирає масло з рами двигуна і направляє його до всіх точок мащення перед пуском двигуна або для періодичного прокачування двигун-генераторів гарячого резерву.

Зворотний клапан служить для перекриття доступу масла від електронасосного агрегату і далі в бак масла при прокачуванні двигуна перед пуском, а клапан ба для перекриття надходження масла в бак масла через електронасосний агрегат при роботі двигуна. Тиск мастила в системі мастила

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

регулюється і підтримується редукційним клапаном, вмонтованим в нагнітальну секцію насоса.

Система охолодження двигуна 2-х контурна, що складається із зовнішнього і внутрішнього контуру. Двигун охолоджується прісною водою, яка циркулює усередині двигуна. У свою чергу вода внутрішнього контуру охолоджується проточною водою зовнішнього контуру в охолоджувачі води.

Система забезпечує стабільний температурний режим у всьому діапазоні навантажень. У систему охолодження входять: відцентрові насоси внутрішнього і зовнішнього контурів, регулятор температури води (РТП), охолоджувач води, бачок води (розширювальний), трубопроводи системи.

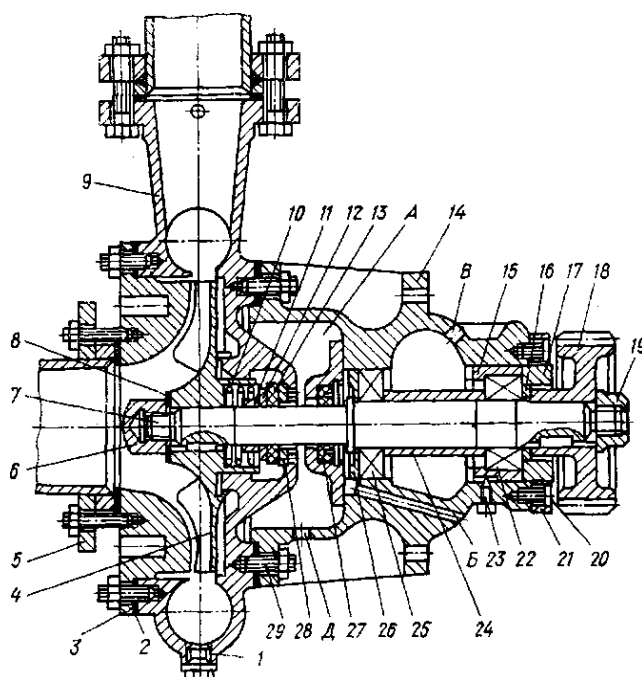


Рисунок 1.10 – Водяний насос.

1-пробка; 2-прокладка; 3-кришка; 4-робоче колесо; 5-фланець; 6,17,19,21-гайка; 7-валик; 8-замкова пластина; 9-корпус насоса; 10-пружина; 11-обойма; 12-гумова втулка; 13-текстолітове кільце; 14-кронштейн; 15-втулка; 16-регульовальне кільце; 18-привідна шестерня; 20,23-гвинт; 22,25-підшипник; 24-втулка розпору; 26-маслоотбойник; 27-манжетное ущільнення; 28-бронзове кільце; 29-шпилька.

Вода внутрішнього контуру насосом по трубі розподіляється уздовж блоку циліндрів, по трубках підводиться до верхньої частини блоку, обтікає верхню частину втулок і по переливних патрубках перетікає в кришку циліндра.

Нижня частина втулки циліндра також омивається водою, підведеною в цю зону через фланці, але швидкість її дуже незначна. Далі вода поступає в нижні порожнини кришок робочих циліндрів і, охолодивши вогняне днище кришки, проходить через отвори в перегородці у свічки і прямує у верхні порожнини кришок, а звідти по переливних раковинах – в магістраль зливу, куди також поступає вода після охолодження турбокомпресора. Потім вода поступає в регулятор температури води і охолоджувач води і далі на всмоктування в насос води. Залежно від температури води, чутливий елемент регулятора температури регулює потік води, направляючи його в охолоджувач або повз нього.

З метою форсування на дизелі застосовано турбонаддув з проміжним охолодженням наддувочного повітря. Охолодження повітря збільшує щільність заряду на впуску, повноту згоряння палива і в той же час обмежує зростання температури в кінці такту стиснення, незважаючи на більш високі тиску. У результаті досягаються такі ж концентрації NO_x , як і в дизелях без наддуву.

Для зниження температури повітря, що подається турбокомпресором в циліндри двигуна, застосовують охолоджувачі наддувочного повітря, які охолоджують повітря перед надходженням його в циліндри. Виробляється так зване проміжне охолодження повітря. Охолоджувачі наддувочного повітря бувають двох типів водоповітряні і повітря-повітряні

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						23
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

2.1 Вимоги до проектованого двигуна.

Для забезпечення економічності потрібно звернути увагу на всі параметри, що впливають на витрату палива і мастила.

Крім відпрацьовування параметрів робочого циклу двигуна, що забезпечують високий індикаторний ККД, необхідно раціонально сконструювати системи двигуна, вибрати оптимальний режим охолодження і т.д.

Надійність двигуна забезпечується раціональною конструкцією, відсутністю погрішності в розрахунках, особливо на міцність. Повинні бути враховані умови роботи двигуна, що можуть виникнути в процесі експлуатації. Припустимий рівень шуму і вібрації забезпечується установкою глушителів шуму, конструктивними заходами зниження шуму у вузлах двигуна. Токсичність вихлопних газів двигуна знижується при правильному виборі параметрів згоряння палива, кута випередження подачі палива, коефіцієнта надлишку повітря.

Зниження токсичності парів палива й мастила забезпечується надійною конструкцією паливної і масляної системи. Надійність і безвідмовність системи пуску впливає на рівень надійності двигуна.

При конструюванні варто забезпечити, легкий доступ до основних вузлів двигуна, максимально забезпечити взаємозамінність деталей, забезпечити вільний демонтаж поршня із шатуном через циліндр.

Двигун не повинний бути захищений трубопроводами, по можливості потрібно уникати навішаних деталей там, де їх можна розташувати окремо. Таким чином, при сукупності конструктивних рішень, ретельного доведення двигуна на іспитах і в процесі експлуатації, можна створити дизель, що стоїть на рівні найвищих сучасних вимог.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						24
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні параметри двигуна прототипу.

Двигун проектується на базі дизеля 6ЧСП 25/34, його основні параметри (по технічному опису та інструкції по експлуатації) наведені в таблиці 2.1.

Технічна характеристика двигуна 6ЧН25/34 Таблиця 2.1

Параметр	Головний дизель
1	2
Позначення	6ЧН 25/34
Номінальна потужність на валу дизеля, кВт	345
Частота обертання, об/хв, номінальна	500
Число циліндрів	6
Діаметр циліндра, мм	250
Хід поршня, мм	340
Ступінь стиску	12,5±0,5
Питома витрата палива при номінальній потужності, г/л.с. г.(г/кВт·год)	155+8 (211+11)
Максимальний тиск згоряння при номінальній потужності, кгс/см ² , не більше	70
Середній ефективний тиск при номінальній потужності, кгс/см ²	8,47
Максимальний тиск згоряння, кгс/см ²	70
Моторесурс дизеля, ч	36000
Маса, кг:	
дизеля сухого	10350
води в дизелі	260
масла в дизелі	340
Температура випускних газів при номінальній потужності, °С, не більше	460
на виході з циліндрів перед турбокомпресором	620
за турбокомпресором	470
Тиск наддува при номінальній потужності (надлишковий), кгс/см ² , не менше	0,4
Температура масла, що входить в двигун, не більше, °С	70
Температура циркуляційної води, що виходить з двигуна, °С(не більше)	85

* При температурі усмоктувального повітря 20°С, відносної вологості 70%, барометричному тиску 760 мм рт. ст., опорі в газовихлопному трубопроводі не більше 350 мм вод. ст., розрідженні на усмоктуванні не більше 200 мм вод. ст. і температурі забортної води на вході в дизель не більше 32°С

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

2.2 Визначення параметрів робочого циклу газового двигуна з наддувом.

В даній кваліфікаційній роботі використовується класична методика теплового розрахунку, розроблена В. І. Гріневецьким і далі вдосконаленого Є. К. Мазінгом. Метод теплового розрахунку заснований на загально відомих положеннях термодинаміки та термохімії, достатньо повно охоплює сутність теплових явищ, що протікають в робочому циліндрі і представляє собою інженерне аналітичне дослідження. На його основі можливо:

- кількісно оцінити ці явища як при проектуванні так і при дослідженні побудованого двигуна;
- дати уяву об основних параметрах циклу та факторах, що впливають на процеси робочого циклу;
- визначити розрахункові значення параметрів стану робочого тіла в характерних точках розрахункового циклу, а також ефективні показники, що характеризують роботу двигуна в цілому.

Метод забезпечує достатню задовільну для практики точність розрахунків, не дивлячись на те, що цикл, який проходить в двигуні описується найпростішими термодинамічними процесами і вводиться ряд опитних коефіцієнтів, що оцінюють реальні умови протікання робочих процесів в двигуні.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						26
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення параметрів робочого циклу газового двигуна з наддувом

1. Умова завдання:

Ефективна потужність	$P_e =$	400	кВт
Частота обертання колінчастого валу.	$n =$	500	хв^{-1}
Діаметр циліндра	$d =$	250	мм
Хід поршня	$S =$	340	мм
Ступінь стиску	$\varepsilon =$	10,5	
Коефіцієнт надлишку повітря	$\alpha =$	1,75	
Число циліндрів	$i =$	6	
Коефіцієнт тактності	$z =$	4	

2. Вихідні дані для теплового розрахунку.

Тиск наддуву	$p_b =$	200	кПа
Тиск навколишнього середовища	$p_a =$	101,3	кПа
Температура навколишнього середовища	$T_a =$	293	К
Показник політропи стиску для відцентрового компресора	$n_k =$	1,6	
Підігрів свіжого заряду	$\Delta T =$	10	К
Тиск залишкових газів	$p_r =$	183	кПа
Температура залишкових газів	$T_r =$	850	К
Ступінь підвищення тиску	$\lambda =$	2,5	
Середнє значення показника політропи:			
стиску	$n_1 =$	1,35	
розширення	$n_2 =$	1,27	
Коефіцієнт використання теплоти в точці "Z"	$\xi_z =$	0,8	
Коефіцієнт повноти індикаторної діаграми	$\xi =$	0,9	
Нижча теплота згорання газу	$Q_H =$	34500	кДж/м ³

Природний газ

Склад:	в %	В об'ємних долях
метан	$\text{CH}_4 = 95$	$R_{\text{CH}_4} = 0,95$
етан	$\text{C}_2\text{H}_6 = 2$	$R_{\text{C}_2\text{H}_6} = 0,02$
пропан	$\text{C}_3\text{H}_8 = 2$	$R_{\text{C}_3\text{H}_8} = 0,02$
бутан	$\text{C}_4\text{H}_{10} = 1$	$R_{\text{C}_4\text{H}_{10}} = 0,01$
пентан	$\text{C}_5\text{H}_{12} = 0$	$R_{\text{C}_5\text{H}_{12}} = 0$
вуглекислота	$\text{CO}_2 = 0$	$R_{\text{CO}_2} = 0$
оксид вуглецю	$\text{CO} = 0$	$R_{\text{CO}} = 0$
азот	$\text{N}_2 = 0$	$R_{\text{N}_2} = 0$

кисень	$O_2 =$	0	$R_{O_2} =$	0
водень	$H_2 =$	0	$R_{H_2} =$	0

3. Параметри робочого тіла.

Теоретично необхідна кількість повітря для згоряння 1кмоля газу.

$$L_0 = \frac{1}{0.21} \times [0.5(CO + H_2) + \sum (n + 0.25m) C_n H_m - O_2] \text{ кмоль/кмоль}$$

$$L_0 = 10,17 \text{ кмоль/кмоль}$$

Загальна кількість продуктів свіжого заряду.

$$M_1 = 1 + \alpha \times L_0, \text{ кмоль/кмоль}$$

$$M_1 = 18,79 \text{ кмоль/кмоль}$$

Кількість окремих компонентів продуктів згоряння.

$$\text{Кількість } CO_2: M_{CO_2} = CO + \sum (n C_n H_m + CO_2), \text{ кмоль}$$

$$M_{CO_2} = 1,09 \text{ кмоль}$$

$$\text{Кількість } H_2O: M_{H_2O} = H_2 + \sum (0.5m C_n H_m), \text{ кмоль}$$

$$M_{H_2O} = 2,09 \text{ кмоль}$$

$$\text{Кількість } O_2: M_{O_2} = 0.21 \times (\alpha - 1) \times L_0, \text{ кмоль}$$

$$M_{O_2} = 1,6013 \text{ кмоль}$$

$$\text{Кількість } N_2: M_{N_2} = 0.79 \times \alpha \times L_0 + N_2, \text{ кмоль}$$

$$M_{N_2} = 14,055 \text{ кмоль}$$

Загальна кількість продуктів згоряння.

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2}, \text{ кмоль/кг}$$

$$M_2 = 18,837 \text{ кмоль}$$

Змінення об'єму при згорянні 1 кмоль газу.

$$\Delta M = M_2 - M_1, \text{ кмоль}$$

$$\Delta M = 0,045 \text{ кмоль}$$

Теоретичний коефіцієнт молекулярної зміни.

$$\beta_0 = \frac{M_2}{M_1}$$

$$\beta_0 = 1,0024$$

4. Параметри процесу наповнення.

Температура повітря після нагнітача.

$$T_e = T_a \times \left(\frac{P_e}{P_a} \right)^{\frac{n_k - 1}{n_k}}, K$$

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						28
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_B = 378,1 \text{ K}$$

Температура повітря після охолоджувача.

$$T_{\text{int}} = T_B - (30 - 70^\circ \text{K})$$

$$\text{число з інтервалу} = 40$$

$$\Delta T_{\text{int}} = 338,1 \text{ K}$$

Температура газоповітряної суміші.

$$T_{\text{см}} = \frac{T_{\text{int}} + \alpha \times L_0 \times T_r}{1 + \alpha \times L_0}, \text{ K}$$

$$T_{\text{см}} = 321,0 \text{ K}$$

де $T_r = 310 \text{ K}$ - температура поступаючого газу.

Коефіцієнт залишкових газів.

$$\gamma_r = \frac{T_{\text{см}} + \Delta T}{T_r} \times \frac{P_r}{\varepsilon \times P_d - P_r}$$

$$\text{де } P_d = 0,95 \times P_\varepsilon$$

$$P_d = 190,0 \text{ кПа}$$

$$\gamma_r = 0,039$$

Коефіцієнт наповнення.

$$\varphi_n = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \times \frac{P_d}{P_\varepsilon} \times \frac{T_{\text{см}}}{T_{\text{см}} + \Delta T + \gamma_r T_r}$$

$$\varphi_n = 0,92$$

Температура газоповітряної суміші на початку стиску.

$$T_d = \frac{T_{\text{см}} + \Delta T + \gamma_r \times T_r}{1 + \gamma_r}, \text{ K}$$

$$T_d = 351 \text{ K}$$

5. Параметри процесу стиску.

Тиск в кінці стиску.

$$P_c = P_d \times \varepsilon^{n_1}, \text{ кПа}$$

$$P_c = 4543,2 \text{ кПа}$$

Температура в кінці стиску.

$$T_c = T_d \times \varepsilon^{n_1 - 1}, \text{ K}$$

$$T_c = 798,4 \text{ K}$$

$$t_c = 525,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

6. Параметри процесу згоряння.

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$\beta = \frac{\beta_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r}$$

$$\beta = 1,0023$$

$$R_{CO_2} =$$

Максимальна температура циклу знаходиться з рівняння балансу:

$$\frac{\xi \cdot 224 \cdot Q_H}{(1 + \gamma_r) \cdot (1 + \alpha \cdot L_0)} = \beta_z \cdot m_{Cp} m_z \cdot t_z - (m_{Cv} m_m + 8.314 \lambda) \cdot t_c \quad R_{N_2} = \frac{M_{N_2}}{M_2}$$

склад продуктів згорання в об'ємних долях:

$$R_{CO_2} = \frac{M_{CO_2}}{M_2}$$

$$R_{CO_2} = 0,0579$$

$$R_{H_2O} = \frac{M_{H_2O}}{M_2}$$

$$R_{H_2O} = 0,1110$$

$$R_{O_2} = \frac{M_{O_2}}{M_2}$$

$$R_{O_2} = 0,0850$$

$$R_{N_2} = \frac{M_{N_2}}{M_2}$$

$$R_{N_2} = 0,7462$$

Мольна теплоємність продуктів згорання:

$$m_{Cv_{me}} = R_{O_2} \cdot m_{Cv_{O_2}} + R_{N_2} \cdot m_{Cv_{N_2}} + R_{H_2O} \cdot m_{Cv_{H_2O}} + R_{CO_2} \cdot m_{Cv_{CO_2}}$$

$$\text{для } O_2: m_{Cv_{O_2}} = 19,818 + 418,6 \cdot 10^{-5} \cdot t_z$$

$$\text{для } N_2: m_{Cv_{N_2}} = 19,818 + 418,6 \cdot 10^{-5} \cdot t_z$$

$$\text{для } CO_2: m_{Cv_{CO_2}} = 30,05 + 1255,8 \cdot 10^{-5} \cdot t_z$$

$$m_{Cv_{en}} = R_{CH_4} \cdot m_{Cv_{CH_4}} + R_{C_2H_6} \cdot m_{Cv_{C_2H_6}} + R_{C_3H_8} \cdot m_{Cv_{C_3H_8}} + R_{C_4H_{10}} \times \\ \times m_{Cv_{C_4H_{10}}} + R_{C_5H_{12}} \cdot m_{Cv_{C_5H_{12}}} + R_{CO_2} \cdot m_{Cv_{CO_2}} + R_{N_2} \cdot m_{Cv_{N_2}}$$

$$m_{Cv_{me}} = a + b \cdot 10^{-5} \cdot t_z$$

де:

$$a = 22,29$$

$$b = 598,73$$

теплоємність газового палива.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						30
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$mCv_{cm} = \frac{mCv_{гп} + mCv_{пов} \cdot \alpha \cdot L_0 + mCv_{ме} \cdot \gamma_r (1 + \alpha \cdot L_0)}{(1 + \alpha \cdot L_0) \cdot (1 + \gamma_r)}$$

$$mCv_{ch_4} = 12,235 + 5028 \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

$$mCv_{c_2h_6} = 7,004 + 12649 \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

$$mCv_{c_3h_8} = 14,97 + 17800 \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

$$mCv_{c_4h_{10}} = 93,128 + 11621 \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

$$mCv_{c_5h_{12}} = 118,06 + 14096 \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

$$mCv_{N_2} = 20,637 + 255,4 \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

$$mCv_{CO_2} = 27,545 + 1386 \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mCv_{гп} = a + b \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

де:

$$a = 12,99$$

$$b = 5501,79$$

мольна теплоємність газоповітряної суміші при постійному об'ємі.

$$mCvm_{cm} = a_{cm} + \frac{b_{cm}}{2} \cdot 10^{-5} t_c$$

Після підстановки отримаємо рівняння.

$$mCv_{cm} = a + b \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

де:

$$a = 20,07$$

$$b = 495,20$$

де $mCv_{пов} = 20,38 + 209,5 \cdot 10^{-5} \cdot t_c$ - мольна теплоємність повітря.
середня мольна теплоємність газоповітряної суміші при постійному тиску.

$$mCp_z = 8,314 + 19,86 + \frac{1,68}{\alpha} + \left(427,38 + \frac{184,36}{\alpha} \right) \cdot 10^{-5} t_z$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mCvm_{cm} = a + b \cdot 10^{-5} \cdot t_c$$

де:

$$a = 20,07$$

$$b = 247,60$$

мольна теплоємність продуктів згоряння при постійному тиску
в точці "Z"

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						31
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$mCp_{t_z} = a + \frac{b}{2} \cdot 10^{-5} t_z$$

Після підстановки одержимо рівняння.

$$mCv_{cm} = a + b \cdot 10^{-5} \cdot t_z$$

де:

$$a = 29,134$$

$$b = 532,729$$

середня мольна теплоємкість продуктів згоряння при постійному тиску в точці "Z".

$$a = 29,134$$

$$b = 266,364$$

Максимальна температура процесу згоряння.

Після підстановки одержимо квадратне рівняння.

$$A \cdot 10^{-5} \times t_z^2 + B \times t_z - c = 0$$

де:

$$A = 266,978$$

$$B = 29,201$$

$$C = 53570,33$$

Звідки:

$$t_z = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4 \times A \times 10^{-5} \times C}}{2 \times A \times 10^{-5}}, K$$

$$t_z = 1600,4 \text{ C} \quad T_z = 1873,4 \text{ K}$$

Максимальний тиск згоряння.

$$p_{\max} = \beta \times P_c \times T_z / T_c, \text{кПа}$$

$$p_{\max} = 10684,4 \text{ кПа}$$

Ступінь підвищення тиску

$$\lambda = P_{\max} / P_c$$

$$\lambda = 2,35$$

$$\Delta\lambda = 5,93 \%$$

$\Delta\lambda$ повинна бути в межах 10%

Ступінь попереднього розширення.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						32
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho = \frac{\beta \times T_z}{\lambda \times T_c}$$

$$\rho = 1$$

7. Параметри процесу розширення.

Ступінь подальшого розширення.

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho}$$

$$\delta = 10,5$$

Тиск в кінці розширення.

$$p_{\epsilon} = \frac{P_{\max}}{\delta^{n_2}}, \text{кПа}$$

$$p_B = 539,3 \text{ кПа}$$

Температура в кінці розширення.

$$T_{\epsilon} = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}}$$

$$T_B = 992,9 \text{ К}$$

Середня температура випускних газів.

$$T_{cp.\epsilon} = \frac{T_{\epsilon}}{K'} \left[1 + (K'' - 1) \frac{P_r}{P_{\epsilon}} \right]$$

$$T_{cp.\Gamma} = 793,4 \text{ К}$$

де $K' = 1,4$; $K'' = 1,35$ - емпіричні коефіцієнти.

Температура залишкових газів.

$$T_r = \frac{T_B}{\sqrt{\frac{P_B}{P_r}}}$$

$$T_r = 692,5 \text{ К}$$

$$\frac{|T_r^3 - T_r|}{T_r^3} \times 100 \% = 18,53 \%$$

Перевірка:

8. Індикаторні показники робочого процесу.

Середній теоретичний індикаторний тиск.

$$P'_{mi} = \frac{\xi \cdot P_c}{\varepsilon - 1} \times \left[\lambda \times (\rho - 1) + \frac{\lambda \times \rho}{n_2 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \times \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1-1}} \right) \right], \text{кПа}$$

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						33
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{mi} = 1072,24 \text{ кПа}$$

Індикаторний ККД.

$$\eta_i = 1,985 \frac{(1 + \alpha \cdot L_0) \Gamma_{cm} \cdot P_{mi}}{Q_H \cdot P_d \cdot \Phi_c \cdot 22,4} \cdot 4,186$$

$$\eta_i = 0,40$$

Питома індикаторна витрата газу.

$$g_i = \frac{3600}{Q_H \times \eta_i}, M^3 / (\text{квт год})$$

$$g_i = 0,26 \text{ м}^3 / (\text{квт} \cdot \text{год})$$

9 Ефективні показники робочого циклу.

Середній тиск механічних втрат.

$$P_M = 0,088 + 0,0118 \times V_{П.СР}, \text{кПа}$$

Середня швидкість поршня.

$$V_{П.СР} = \frac{S_{ПР} \cdot n}{30}, M / C$$

$$S_{ПР} = 0,34 \text{ - хід поршня, м}$$

$$V_{П.СР} = 5,66667 \text{ м/с}$$

$$P_M = 108,4 \text{ кПа}$$

Середній ефективний тиск.

$$P_{me} = P_{mi} - P_m, \text{кПа}$$

$$P_{me} = 963,83 \text{ кПа}$$

Механічний К.К.Д.

$$\eta_M = \frac{P_{me}}{P_{mi}}$$

$$\eta_M = 0,90$$

Ефективний К.К.Д.

$$\eta_e = \eta_i \times \eta_M$$

$$\eta_e = 0,356$$

Питома ефективна витрата газу.

$$b_e = \frac{g_i}{\eta_m}, M^3 / (\text{квт. год}).$$

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						34
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$b_e = 0,293 \text{ м}^3/(\text{кВт} \cdot \text{год})$$

Годинна витрата газу.

$$B = b_e \times P_e, \text{ м}^3/\text{год}$$

$$B = 117,3 \text{ м}^3/\text{год}$$

10 Основні розміри циліндра і двигуна.

Літраж двигуна.

$$V_{st} = 30 \times Z \times \frac{P_e \times 10^3}{P_{me} \times n}, \text{ Л}$$

$Z = 4$ - Коефіцієнт тактності.

$$V_{st} = 99,60 \text{ Л}$$

$$V_s = \frac{V_{st}}{i}, \text{ Л}$$

$$V_s = 16,60 \text{ Л}$$

Діаметр циліндра.

$$d = 100 \times \sqrt{\frac{4 \times V_s}{\pi \times m}}, \text{ мм}$$

$$m = \frac{S_{PP}}{d_{PP}}$$

$$d_{PP} = 0,25 \text{ м}$$

$$m = 1,36$$

$$d = 249,6 \text{ мм}$$

Хід поршня.

$$S = m \times d, \text{ мм}$$

$$S = 339,4 \text{ мм}$$

11 Уточнені розміри циліндра двигуна.

Діаметр циліндра.

$$d = 250 \text{ мм}$$

Хід поршня.

$$S = 340 \text{ мм}$$

Літраж двигуна.

$$V_{st} = \frac{\pi \times d^2 \times S \times i}{4 \times 10^6}, \text{ Л}$$

$$V_{st} = 100,09 \text{ л}$$

Робочий об'єм ходу поршня.

$$V_s = \frac{V_{st}}{i}$$

$$V_s = 16,68 \text{ л}$$

Ефективна потужність двигуна.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$P_{ep} = \frac{P_{me} \cdot V_{St} \cdot n}{30 \cdot Z \cdot 10^3}, KBm$$

$$P_{ep} = 401,9 \text{ кВт}$$

Отримана величина P_{ep} відрізняється від заданої на:

$$P_{ecp} = \frac{P_{ep} + P_e}{2}$$

$$\Delta P_e = \frac{P_{ep} - P_e}{P_{ecp}} \times 100\%$$

$$P_{ecp} = 401,0 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_e = 0,49 \%$$

Так як значення $\Delta P_e < 5\%$, то розрахунок робочого процесу двигуна виконаний вірно.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

2. 3 Розрахунок теплового балансу двигуна

Вихідні дані:

ефективна потужність двигуна	$P_e =$	401,9 кВт
частота обертання колінвалу	$n =$	500 хв-1
діаметр циліндру	$D =$	250 мм
хід поршня:	$S =$	340 мм
число циліндрів:	$i =$	6
коефіцієнт тактності:	$Z =$	4
нижча теплота згорання газу:	$Q_H =$	34500 кДж/кг
годинна витрата газу:	$B_T =$	117,3 $m^3 / год$
Індикаторний к.к.д.:	$h \eta_i =$	0,40
ефективний к.к.д.:	$\eta_e =$	0,36
кількість свіжого заряду	$M_l =$	18,792 кмоль/кг
загальна кількість продуктів згорання	$M_T =$	18,837 кмоль/кг
температура випускних газів	$T_{ср.г.} =$	793,4 К
температура на початку стиску	$T_d =$	350,6 К
мольна теплоємність продуктів згорання при постійному об'ємі:	$mC''_v =$	24,32 кДж/(кмоль*К)
мольна теплоємність свіжого заряду при постійному об'ємі:	$mC'_v =$	21,69 кДж/(кмоль*К)
середній індикаторний тиск:	$P_{mi} =$	1072,24 кПа

Рівняння теплового балансу.

Загальна кількість теплоти, введеної в двигун з паливом

$$Q_{II} = Q_e + Q_B + Q_T + Q_M + Q_{н.в.}$$

- де Q_e - теплота, еквівалентна ефективній роботі;
 Q_B - теплота, яка відводиться охолоджувальною рідиною;
 Q_T - теплота, яка виноситься випускними газами;
 Q_M - теплота, яка відводиться маслом;
 $Q_{н.в.}$ - невраховані теплові втрати.

Теплота, яка підводиться в циліндр двигуна з паливом:

$$Q_{II} = B \cdot Q_H / 3600$$

$$Q_{II} = 1124,5 \text{ кВт}$$

у відсотковому відношенні q_{II} приймаємо за 100%

Теплота, еквівалентна ефективній роботі двигуна:

$$Q_e = 1000 \cdot P_e$$

$$Q_e = 401,9 \text{ кВт}$$

у відсотковому відношенні

$$q = Q_e / Q_{II} \cdot 100 \%$$

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$q = 35,7 \%$$

Перевірка: $Q'_e = Q_n \cdot \eta_e$

$$Q'_e = 400 \text{ кВт}$$

Вираховуємо похибку

$$\Delta = (Q_e - Q'_e) / Q_e \cdot 100\%$$

$$\Delta = 0,49 \%$$

Теплота, яка відводиться охолоджувальною рідиною:

$$Q_e = Q_w + Q_{г.п.} + Q_{в.н.}$$

де Q_w - теплота, яка відводиться робочим тілом в стінки циліндра;

$Q_{г.п.}$ - теплота, еквівалентна роботі на тертя поршня по гільзі циліндра;

$Q_{в.н.}$ - теплота, еквівалентна роботі на привід водяного насосу.

Теплообмін між робочим тілом і стінками циліндра.

$$Q_w = (-W_{нап.} + W_{ст.} + W_{г.р.} + W_{вип.}) \cdot Q_n$$

де $W_{нап.}$, $W_{ст.}$, $W_{г.р.}$, $W_{вип.}$ - відповідно відносні втрати палива на ділянках наповнення, стиску, горіння-розширення та випуску газів із циліндра.

Q_w - експериментальних даних:

$$W_{нап.} = 0 \quad W_{г.р.} = 0,09-0,25 \quad 0,17$$

$$W_{ст.} = 0 \quad W_{вип.} = 0,01-0,07 \quad 0,05$$

$$247,4 \text{ кВт}$$

Теплота, еквівалентна роботі на тертя поршня по гільзі циліндра.

Середній тиск механічних втрат в механізмах двигуна.

$$P_{мд} = (a + b \cdot C_m) \cdot 10^3$$

де $a = 0,088$ $b = 0,0118$ - коефіцієнти для визначення середнього тиску механічних втрат

$$C_m = S \cdot n / 30 \quad \text{середня швидкість поршня}$$

$$C_m = 5,66666667 \text{ м/с}$$

$$P_{мд} = 154,866667 \text{ кПа}$$

Середній тиск тертя поршня:

$$P_{ср.т.} = 0,6 \cdot P_{мд}$$

$$P_{ср.т.} = 92,92 \text{ кПа}$$

Потужність тертя поршнів двигуна:

$$P_n = P_{ср.т.} \cdot V_s \cdot n \cdot i / (30 \cdot z)$$

де V_s - робочий об'єм циліндру.

$$V_s = \pi d^2 \cdot S / 4$$

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						38
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_s = 0,0167 \text{ м}^3$$

$$P_n = 38,8 \text{ кВт}$$

Теплота, еквівалентна роботі тертя поршнів:

$$Q_{T.П.} = P_{П.}$$

$$Q_{T.П.} = 38,8 \text{ кВт}$$

Визначаємо витрату води для відведення теплоти, що передається через стінки втулки циліндру та утворюється при терті поршнів двигуна:

$$Q_B = Q_W + Q_{T.П.}$$

$$Q'_B = 286,1 \text{ кВт}$$

тоді витрата охолоджуючої рідини:

$$V_B = \frac{Q'_B \cdot K}{\rho_e \cdot C_{me} \cdot \Delta T_e}$$

$K = 1,2-1,5$ - коефіцієнт запасу. $K = 1,5$

$\rho_e = 1000 \text{ кг/м}^3$ - середня щільність води.

$C_{me} = 4,19 \text{ кДж/(кг*град)}$ - середня теплоємність води.

$\Delta T_e = 6-10 \text{ К}$ - температурний перепад води в холодильнику.

$$\Delta T_e = 10 \text{ К}$$

$$V_B = 0,0102 \text{ м}^3/\text{с}$$

Потужність, яка використовується на привід водяного насосу.

$$P_{в.н.} = V_B \cdot \Delta P_e / \eta_{в.н.}$$

де $\Delta P_e = 98 \text{ кПа}$ - гідравлічний опір системи охолодження.

$\eta_{в.н.} = 0,6 - 0,7$ - к.к.д. водяного насосу.

$$\eta_{в.н.} = 0,6$$

$$P_{в.н.} = 1,67 \text{ кВт}$$

Тоді $Q_{в.н.} = 1,67 \text{ кВт}$

Загальна кількість теплоти, яка відводиться охолоджувальною рідиною.

$$Q_e = Q_W + Q_{T.П.} + Q_{в.н.}$$

$$Q_B = 287,8 \text{ кВт}$$

що складає у відсотковому відношенні:

$$q_e = Q_e / Q_{T.П.} \cdot 100\%$$

$$q_B = 25,59 \%$$

Теплота, яка виноситься випускними газами:

$$Q_T = \frac{B_r}{3,6 \times 224} \left[M_2 \cdot (mC_p)_{T_0}^{T_{cp2}} \cdot T_{cp2} - M_1 \cdot (mC_p)_{T_0}^{T_d} \cdot T_d \right]$$

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$mC_p' = 8,314 + mC_v$ ізобарна теплоємність продуктів згорання

$mC_p'' = 8,314 + mC_v$ ізобарна теплоємність свіжого заряду.

$$mC_p'' = 32,63 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{K)}$$

$$mC_p' =$$

$$mC_p' = 30,00 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{K)}$$

$$Q_{\Gamma} = 422,1 \text{ кВт}$$

Що складає у відсотковому відношенні:

$$q_{\Gamma} = Q_{\Gamma} / Q_{\Pi} \cdot 100\%$$

$$q_{\Gamma} = 37,53 \%$$

Теплота, яка відводиться маслом і затрачується на привід масляного насосу:

Теплота, яка відводиться маслом, від гарячих деталей двигуна.

$$Q_M = (Q_w + Q_{MD}) - Q_e$$

$Q_{MD} = \Delta_{MD} \cdot Q_{\Pi}$ - теплота, еквівалентна роботі на подолання опору в механізмах двигуна.

де $\Delta_{MD} = (P_{MD} / P_{mi}) \eta_i$ - доля втрат в механізмах двигуна.

$$\Delta_{MD} = 0,0572$$

тоді

$$Q_{MD} = 64,3 \text{ кВт}$$

$$Q_{M1} = 23,8 \text{ кВт}$$

Теплота, еквівалентна роботі на привід насоса системи мащення.

Витрата циркуляційного масла.

$$V_M = \frac{\kappa \cdot Q_{M1}}{\rho_M \cdot C_{mm} \cdot \Delta T_M}$$

$K = 1,2 - 1,5$ - коефіцієнт запасу

$$K = 1,5$$

$\rho_M = 900 \text{ кг/м}^3$ - щільність масла

$C_{mm} = 2,094 \text{ кДж/кг}$ - середня теплоємність масла.

$T_M = 6 - 15 \text{ К}$ - температурний перепад масла в охолоджувачі двигуна

$$\Delta T_M = 10 \text{ К}$$

$$V_M = 0,0019 \text{ м}^3/\text{с}$$

потужність, яка використовується на привід масляного насоса:

$$P_{M.H.} = \frac{V_M \cdot P_0}{\eta \cdot 10^3}$$

де $P_0 = (0,3 - 0,4) \cdot 10^6 \text{ Па}$ - робочий тиск масла в системі.

$$P_0 = 400000 \text{ Па}$$

$\eta_m = 0,7 - 0,9$ - механічний к.к.д. масляного насоса.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						40
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\eta_{\text{м}} = 0,7$$

$$P_{\text{м.н.}} = 1,08 \text{ кВт}$$

тоді $Q_{\text{H2}} = 1000 \cdot P_{\text{мн}}$

$$Q_{\text{м2}} = 1,1 \text{ кВт}$$

Загальна кількість теплоти складає:

$$Q_{\text{м}} = Q_{\text{м1}} + Q_{\text{м2}}$$

$$Q_{\text{м}} = 24,9 \text{ кВт}$$

у відсотковому відношенні

$$q_{\text{м}} = Q_{\text{м}} / Q_{\text{П}} \cdot 100\%$$

$$q_{\text{м}} = 2,22 \%$$

Невраховані теплові втрати

$$Q_{\text{НВ}} = Q_{\text{П}} - (Q_{\text{е}} + Q_{\text{с}} + Q_{\text{г}} + Q_{\text{м}})$$

$$Q_{\text{Н.В.}} = 12,2 \text{ кВт}$$

що складає у відсотковому відношенні:

$$q_{\text{Н.В.}} = Q_{\text{Н.В.}} / Q_{\text{П}} \cdot 100\%$$

$$q_{\text{Н.В.}} = 1,09 \%$$

Всі отримані дані зведені в таблицю 1

Таблиця 1 Зведена таблиця теплового балансу.

Складові теплового балансу	кВт	%
теплота, еквівалентна ефективній роботі	401,9	35,7
теплота, яка відводиться охолоджувальною рідиною	287,8	25,6
теплота, яка виноситься випускними газами	422,1	37,5
теплота, яка відводиться маслом	24,9	2,2
невраховані теплові втрати	12,2	1,1
Загальна кількість теплоти, введеної в двигун з паливом	1149,0	100,0

2.4 Розрахунок індикаторної діаграми

Розрахунок теоретичної індикаторної діаграми.

Вихідні дані

$P_{mi} =$	1,072 МПа	Середній індикаторний тиск.
$P_d =$	0,1900 МПа	Тиск в кінці впуску.
$n_1 =$	1,350	Показник політропи стиску.
$\varepsilon_c =$	10,500	Ступінь стиску.
$P_{max} =$	10,684 МПа	Максимальний тиск в циліндрі.
$n_2 =$	1,270	Показник політропи розширення.
$\rho =$	1,000	Ступінь попереднього розширення.
$m_p =$	0,040 МПа/мм	Масштаб по осі тиску.
$\xi =$	0,900	

Таблиця 2

Результати розрахунку.

V/V_c	$P_{CT}, \text{МПа}$	$P_{CT}, \text{мм}$	$P_{роз}, \text{МПа}$	$P_{роз}, \text{мм}$	$P_{cp}, \text{МПа}$
1	4,543	113,6	10,684	267,1	6,141
1,25	3,361	84,0	8,048	201,2	4,686
1,5	2,628	65,7	6,384	159,6	3,756
1,75	2,134	53,4	5,249	131,2	3,115
2	1,782	44,6	4,430	110,8	2,648
3	1,031	25,8	2,647	66,2	1,616
4	0,699	17,5	1,837	45,9	1,138
5	0,517	12,9	1,384	34,6	0,866
6	0,404	10,1	1,098	27,4	0,693
7	0,328	8,2	0,903	22,6	0,574
8	0,274	6,9	0,762	19,0	0,487
9	0,234	5,8	0,656	16,4	0,422
9,5	0,217	5,4	0,612	15,3	0,395
$P_{mi}^D =$					1,117

Об'єм камери згорання

$$V_c = \frac{V_s}{\varepsilon - 1}, \text{ мм}$$

$$V_s = [AB] = 180 \text{ мм}$$

$$V_c = 18,947 \text{ мм}$$

Приведений робочий об'єм

Похибка середнього індикаторного тиску.

$$\Delta P_{mi} = \frac{|P_{mi} - P_{mi}^D|}{P_{mi\text{ ср}}} \times 100\%$$

$$P_{mi\text{ ср}} = \frac{P_{mi} + P_{mi}^D}{2}, \text{ МПа}$$

$$P_{mi\text{ ср}} = 1,095 \text{ МПа}$$

$$\Delta P_{mi} = 4,08$$

Похибка не перевищує 5%

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						43
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Побудова дійсної індикаторної діаграми.

$C', \text{ДоВМТ}$	точка подачі іскри.
$f, \text{ДоВМТ}$	Визначається кутом випередження запалювання
$\Delta\varphi_2, \text{ПісляВМТ}$	точка початку згорання, визначається кутом затримки згорання: $\Delta\varphi_1 = ^\circ \text{ПКВ}$
$b', \text{ПісляВМТ}$	кут після ВМТ, де тиск максимальний
$r', \text{ДоВМТ}$	точка відкриття випускного клапану
$r'', \text{ПісляВМТ}$	точка відкриття впускного клапану
$d', \text{ДоВМТ}$	точка закриття випускного клапану
c''	точка закриття впускного клапану
Z_d	точка тиску газів в ВМТ в кінці такту стиску
	точка максимального тиску газів

Вихідні дані.

$\lambda_L =$	0,268	Кривошипно-шатунне відношення.
$[AB] =$	180	мм Відстань від ВМТ до НМТ на діаграмі.
$\Delta\varphi_1 =$	10	$^\circ \text{ПКВ}$ Кут затримки згорання.
$P_r =$	0,183	МПа Тиск залишкових газів.
$m_p =$	0,040	МПа/мм Масштаб тиску.
$S =$	340	мм Хід поршня.
$P_c =$	4,543	МПа Тиск в кінці стиску.
$P_{\max} =$	10,684	МПа Максимальний тиск.

Таблиця 3 Визначення точок дійсної індикаторної діаграми.

Позначка точки	Положення точки відносно ВМТ, φ^0 , ПКВ	Постійна $X = (1 - \cos\varphi) + \frac{\lambda_L}{4} \times (1 - \cos 2\varphi)$	Відстань від ВМТ до точки $X \times \frac{[AB]}{2}$, мм
$C', \text{ДоВМТ}$	15	0,043	3,9
$f, \text{ДоВМТ}$	5	0,005	0,4
$\Delta\varphi_2, \text{ПісляВМТ}$	10	0,019	1,7
$b', \text{ПісляВМТ}$	130	1,721	154,9
$r', \text{ДоВМТ}$	10	0,019	1,7
$r'', \text{ПісляВМТ}$	30	0,167	15,1
$d', \text{ДоВМТ}$	150	1,900	171,0

Ордината точки г

$$\frac{P_r}{m_p}, \text{ мм} \quad 4,6 \quad \text{мм}$$

Тиск газів в ВМТ.

$$P_c'' = (1.15 - 1.25) \times P_c$$

1,2 Число з інтервалу.

$$\begin{aligned} P_c'' &= 5,45 & \text{МПа} \\ P_c'' &= 136,3 & \text{мм} \end{aligned}$$

Максимальний тиск згорання.

для карбюраторних і газових двигунів: $P_{zd} = P_{\max} * 0,85$

$$\begin{aligned} P_{zd} &= 9,08 & \text{МПа} \\ P_{zd} &= 227 & \text{мм} \end{aligned}$$

Поправка Брікса

$$OO' = \frac{R \cdot \lambda_L}{2}, \text{ мм}$$

$$OO' = 21,3 \quad \text{мм}$$

Масштаб переміщення

$$M_s = \frac{S}{AB}$$

$$M_s = 1,89$$

Поправка Брікса в масштабі переміщення

$$OO = \frac{OO'}{M_s}, \text{ мм}$$

$$OO = 11,3 \quad \text{мм}$$

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						45
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5 Динамічний розрахунок двигуна

Для виконання розрахунків на міцність деталей двигуна, що рухаються необхідно знати величини сил, які діють на КШМ. Для знаходження сил, що діють на деталі КШМ і виконується динамічний розрахунок двигуна.

Вихідні дані:

$d=$	0,25	м - діаметр циліндра
$s=$	0,34	м - хід поршня
$\lambda_L=$	0,268	- кривошипно-шатунне відношення
$r=$	0,17	м - радіус кривошипа
$n=$	500	хв ⁻¹ - частота обертання
$m_s=$	40,0	кг - маса деталей, що рухаються зворотно-поступально
$m_F=$	1,00	кН/мм - масштаб сил
$m_p=$	0,05	МПа/мм масштаб тиску.

Кутова швидкість

$$\varpi = \frac{\pi \times n}{30}$$

$$\omega = 52,3 \quad \text{с}^{-1}$$

Площа днища поршня

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$A = 0,049 \quad \text{м}^2$$

Сила тиску газу

$$F_z = (P_c - P_a) \times \frac{\pi l^2}{4}, H$$

Сила інерції мас, що рухаються зворотно-поступально.

$$F_u = -m_s r \omega^2 (\cos \varphi + \lambda_L \cos 2\varphi), H$$

Сумарна сила (дійсна).

$$F_d = F_z \pm F_u, H$$

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Нормальна сила.

$$F_n = F_d \times \operatorname{tg} \beta, H$$

Радіальна сила.

$$F_r = F_d \frac{\cos(\varphi + \beta)}{\cos \beta}, H$$

Дотична сила.

$$F_\kappa = F_d \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta}, H$$

Сила інерції мас, що рухаються обертально.

$$F_{uob} = -m_R r \omega^2, H$$

$$F_{uob} = -4,6 \quad \text{кН}$$

$$F_{uob} = -4,6 \quad \text{мм}$$

Маса деталей, що рухаються обертально

$$m_R = 9,87 \quad \text{кг}$$

Тиск газів в залежності від кута повороту колінчастого вала

$$\text{для } \varphi = 10 \dots 180^\circ \quad P_u = P_d$$

$$\text{для } \varphi = 190 \dots 350^\circ \quad P_u = P_d \left(\frac{V_a}{V_f} \right)^{n_1}$$

$$\text{для } \varphi = 360^\circ \quad P_u = \frac{P_{\max} + P_c}{2}$$

$$\text{для } \varphi = 370^\circ \quad P_u = P_{\max}$$

$$\text{для } \varphi = 380 \dots 530^\circ \quad P_u = P_{\max} \left(\frac{V_c \cdot \rho}{V_f} \right)^{n_1}$$

$$\text{для } \varphi = 540^\circ \quad P_u = \frac{P_b + P_d}{2}$$

$$\text{для } \varphi = 550 \dots 720^\circ \quad P_u = P_r$$

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						47
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робочий об'єм

$$V_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot S = 0,01668 \text{ м}^3$$

Об'єм камери сгорання

$$V_c = \frac{V_s}{\varepsilon - 1} = 0,00209 \text{ м}^3$$

Повний об'єм

$$V_a = V_s + V_c = 0,018766 \text{ м}^3$$

Перемінний об'єм циліндра в залежності від кута повороту колінчастого вала

$$V_f = Ar \left[(1 - \cos \varphi) + \frac{\lambda_L}{4} (1 - \cos \varphi) \right] + V_c, \text{ м}^3$$

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						48
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4

Результати динамічного розрахунку.

φ	φ°	Vf	Ff	Fi	Fd	FN	Fr	Fk	Fg	Fi	Fd	FN	Fr	Fk	Fi	Fd	FN	Fr	Fk
ПКВ	МЗ		КН	КН	КН	КН	КН	КН	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ	ММ
0	0,0021	4,352	-23,615	-19,263	0,000	-19,263	0,000	-19,263	4,35	-23,61	-19,26	0,00	-19,26	0,00	-19,26	0,00	-19,26	4,35	0,00
10	0,0022	4,352	-23,031	-18,679	-0,866	-18,244	-15,414	-4,101	4,35	-23,03	-18,68	-0,87	-18,24	-4,10	-23,03	-18,68	-0,87	-18,24	4,35
20	0,0027	4,352	-21,324	-16,972	-1,532	-11,395	-7,047	-8,807	4,35	-21,32	-16,97	-1,53	-18,54	-7,27	-21,32	-16,97	-1,53	-18,54	4,35
30	0,0035	4,352	-18,624	-14,272	-1,849	-1,755	-3,255	-6,083	4,35	-18,62	-14,27	-1,85	-11,40	-8,81	-18,62	-14,27	-1,85	-11,40	4,35
40	0,0045	4,352	-15,133	-10,781	-1,277	-0,514	-0,723	-2,428	4,35	-15,13	-10,78	-1,75	-7,05	-8,37	-15,13	-10,78	-1,75	-7,05	4,35
50	0,0057	4,352	-11,104	-6,753	-0,400	0,176	0,176	1,857	4,35	-11,10	-6,75	-1,28	-3,26	-6,08	-11,10	-6,75	-1,28	-3,26	4,35
60	0,0071	4,352	-6,816	-2,464	-0,514	-0,723	-2,428	-2,428	4,35	-6,82	-2,46	-0,51	-0,72	-2,43	-6,82	-2,46	-0,51	-0,72	4,35
70	0,0086	4,352	-2,546	1,806	0,400	0,176	0,176	1,857	4,35	-2,55	1,81	0,40	0,18	1,86	-2,55	1,81	0,40	0,18	4,35
80	0,0101	4,352	1,456	5,808	1,330	-0,557	-0,557	5,996	4,35	1,46	5,81	1,33	-0,56	6,00	1,46	5,81	1,33	-0,56	4,35
90	0,0115	4,352	4,991	9,343	2,163	-2,599	-2,599	9,343	4,35	4,99	9,34	2,16	-2,60	9,34	4,99	9,34	2,16	-2,60	4,35
100	0,013	4,352	7,924	12,276	2,812	-5,440	-5,440	11,506	4,35	7,92	12,28	2,81	-5,44	11,51	7,92	12,28	2,81	-5,44	4,35
110	0,0143	4,352	10,193	14,545	3,224	-8,531	-8,531	12,373	4,35	10,19	14,54	3,22	-8,53	12,37	10,19	14,54	3,22	-8,53	4,35
120	0,0154	4,352	11,807	16,159	3,370	-11,419	-11,419	12,066	4,35	11,81	16,16	3,37	-11,42	12,07	11,81	16,16	3,37	-11,42	4,35
130	0,0164	4,352	12,838	17,190	3,250	-13,812	-13,812	10,850	4,35	12,84	17,19	3,25	-13,81	10,85	12,84	17,19	3,25	-13,81	4,35
140	0,0173	4,352	13,400	17,752	2,889	-15,594	-15,594	9,032	4,35	13,40	17,75	2,89	-15,59	9,03	13,40	17,75	2,89	-15,59	4,35
150	0,0179	4,352	13,633	17,985	2,330	-16,791	-16,791	6,886	4,35	13,63	17,98	2,33	-16,79	6,89	13,63	17,98	2,33	-16,79	4,35
160	0,0184	4,352	13,677	18,029	1,627	-17,509	-17,509	4,607	4,35	13,68	18,03	1,63	-17,51	4,61	13,68	18,03	1,63	-17,51	4,35
170	0,0187	4,352	13,651	18,002	0,834	-17,875	-17,875	2,300	4,35	13,65	18,00	0,83	-17,87	2,30	13,65	18,00	0,83	-17,87	4,35
180	0,0188	4,352	13,633	17,984	0,000	-17,984	-17,984	0,000	4,35	13,63	17,98	0,00	-17,98	0,00	13,63	17,98	0,00	-17,98	4,35
190	0,0187	4,415	13,651	18,065	-0,837	-17,937	-17,937	-2,308	4,41	13,65	18,07	-0,84	-17,94	-2,31	13,65	18,07	-0,84	-17,94	4,41
200	0,0184	4,607	13,677	18,285	-1,650	-17,757	-17,757	-4,672	4,61	13,68	18,28	-1,65	-17,76	-4,67	13,68	18,28	-1,65	-17,76	4,61
210	0,0179	4,945	13,633	18,578	-2,407	-17,345	-17,345	-7,113	4,94	13,63	18,58	-2,41	-17,34	-7,11	13,63	18,58	-2,41	-17,34	4,94
220	0,0173	5,453	13,400	18,853	-3,068	-16,561	-16,561	-9,593	5,45	13,40	18,85	-3,07	-16,56	-9,59	13,40	18,85	-3,07	-16,56	5,45
230	0,0164	6,173	12,838	19,011	-3,595	-15,275	-15,275	-12,000	6,17	12,84	19,01	-3,59	-15,27	-12,00	12,84	19,01	-3,59	-15,27	6,17
240	0,0154	7,167	11,807	18,974	-3,957	-13,408	-13,408	-14,169	7,17	11,81	18,97	-3,96	-13,41	-14,17	11,81	18,97	-3,96	-13,41	7,17

ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ

Лист

49

Продовження таблиці 4

250	0,0143	8,529	10,193	18,722	-4,149	-10,981	-15,926	8,53	10,19	18,72	-4,15	-10,98	-15,93
260	0,013	10,399	7,924	18,323	-4,197	-8,119	-17,174	10,40	7,92	18,32	-4,20	-8,12	-17,17
270	0,0115	12,995	4,991	17,986	-4,163	-5,003	-17,986	12,99	4,99	17,99	-4,16	-5,00	-17,99
280	0,0101	16,656	1,456	18,112	-4,149	-1,736	-18,698	16,66	1,46	18,11	-4,15	-1,74	-18,70
290	0,0086	21,928	-2,546	19,382	-4,296	1,890	-19,938	21,93	-2,55	19,38	-4,30	1,89	-19,94
300	0,0071	29,695	-6,816	22,879	-4,771	6,712	-22,543	29,69	-6,82	22,88	-4,77	6,71	-22,54
310	0,0057	41,379	-11,104	30,275	-5,725	14,595	-27,274	41,38	-11,10	30,27	-5,72	14,60	-27,27
320	0,0045	59,144	-15,133	44,011	-7,163	28,767	-34,186	59,14	-15,13	44,01	-7,16	28,77	-34,19
330	0,0035	85,624	-18,624	67,000	-8,680	53,494	-41,346	85,62	-18,62	67,00	-8,68	53,49	-41,35
340	0,0027	121,544	-21,324	100,220	-9,045	91,021	-42,946	121,54	-21,32	100,22	-9,04	91,02	-42,95
350	0,0022	158,816	-23,031	135,785	-6,294	132,624	-29,809	158,82	-23,03	135,79	-6,29	132,62	-29,81
360	0,0021	373,551	-23,615	349,936	0,000	349,936	0,000	373,55	-23,61	349,94	0,00	349,94	0,00
370	0,0022	524,202	-23,031	501,172	23,231	489,503	110,021	524,20	-23,03	501,17	23,23	489,50	110,02
380	0,0027	361,388	-21,324	340,064	30,691	308,850	145,724	361,39	-21,32	340,06	30,69	308,85	145,72
390	0,0035	257,372	-18,624	238,748	30,932	190,620	147,332	257,37	-18,62	238,75	30,93	190,62	147,33
400	0,0045	180,692	-15,133	165,559	26,947	108,215	128,599	180,69	-15,13	165,56	26,95	108,21	128,60
410	0,0057	129,248	-11,104	118,144	22,340	56,957	106,433	129,25	-11,10	118,14	22,34	56,96	106,43
420	0,0071	95,412	-6,816	88,596	18,476	25,990	87,296	95,41	-6,82	88,60	18,48	25,99	87,30
430	0,0086	72,922	-2,546	70,376	15,597	6,861	72,396	72,92	-2,55	70,38	15,60	6,86	72,40
440	0,0101	57,655	1,456	59,111	13,541	-5,664	61,022	57,65	1,46	59,11	13,54	-5,66	61,02
450	0,0115	47,052	4,991	52,043	12,047	-14,477	52,043	47,05	4,99	52,04	12,05	-14,48	52,04
460	0,013	39,535	7,924	47,459	10,872	-21,030	44,483	39,53	7,92	47,46	10,87	-21,03	44,48
470	0,0143	34,119	10,193	44,312	9,821	-25,991	37,696	34,12	10,19	44,31	9,82	-25,99	37,70
480	0,0154	30,176	11,807	41,984	8,755	-29,667	31,350	30,18	11,81	41,98	8,76	-29,67	31,35
490	0,0164	27,297	12,838	40,135	7,589	-32,248	25,334	27,30	12,84	40,14	7,59	-32,25	25,33
500	0,0173	25,213	13,400	38,613	6,285	-33,919	19,647	25,21	13,40	38,61	6,28	-33,92	19,65
510	0,0179	23,741	13,633	37,374	4,842	-34,894	14,311	23,74	13,63	37,37	4,84	-34,89	14,31
520	0,0184	22,764	13,677	36,441	3,289	-35,391	9,312	22,76	13,68	36,44	3,29	-35,39	9,31
530	0,0187	22,206	13,651	35,857	1,662	-35,602	4,581	22,21	13,65	35,86	1,66	-35,60	4,58

ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ

Лист

50

Продовження таблиці 4

540	0,0188	12,921	13,633	26,553	0,000	-26,553	0,000	12,92	13,63	26,55	0,00	-26,55	0,00
550	0,0187	4,008	13,651	17,659	-0,819	-17,534	-2,256	4,01	13,65	17,66	-0,82	-17,53	-2,26
560	0,0184	4,008	13,677	17,686	-1,596	-17,176	-4,519	4,01	13,68	17,69	-1,60	-17,18	-4,52
570	0,0179	4,008	13,633	17,641	-2,286	-16,471	-6,755	4,01	13,63	17,64	-2,29	-16,47	-6,75
580	0,0173	4,008	13,400	17,408	-2,833	-15,292	-8,858	4,01	13,40	17,41	-2,83	-15,29	-8,86
590	0,0164	4,008	12,838	16,846	-3,186	-13,536	-10,633	4,01	12,84	16,85	-3,19	-13,54	-10,63
600	0,0154	4,008	11,807	15,816	-3,298	-11,176	-11,810	4,01	11,81	15,82	-3,30	-11,18	-11,81
610	0,0143	4,008	10,193	14,202	-3,147	-8,330	-12,081	4,01	10,19	14,20	-3,15	-8,33	-12,08
620	0,013	4,008	7,924	11,933	-2,733	-5,288	-11,184	4,01	7,92	11,93	-2,73	-5,29	-11,18
630	0,0115	4,008	4,991	9,000	-2,083	-2,503	-9,000	4,01	4,99	9,00	-2,08	-2,50	-9,00
640	0,0101	4,008	1,456	5,465	-1,252	-0,524	-5,641	4,01	1,46	5,46	-1,25	-0,52	-5,64
650	0,0086	4,008	-2,546	1,462	-0,324	0,143	-1,504	4,01	-2,55	1,46	-0,32	0,14	-1,50
660	0,0071	4,008	-6,816	-2,808	0,586	-0,824	2,767	4,01	-6,82	-2,81	0,59	-0,82	2,77
670	0,0057	4,008	-11,104	-7,096	1,342	-3,421	6,393	4,01	-11,10	-7,10	1,34	-3,42	6,39
680	0,0045	4,008	-15,133	-11,125	1,811	-7,272	8,641	4,01	-15,13	-11,12	1,81	-7,27	8,64
690	0,0035	4,008	-18,624	-14,616	1,894	-11,669	9,019	4,01	-18,62	-14,62	1,89	-11,67	9,02
700	0,0027	4,008	-21,324	-17,316	1,563	-15,726	7,420	4,01	-21,32	-17,32	1,56	-15,73	7,42
710	0,0022	4,008	-23,031	-19,022	0,882	-18,580	4,176	4,01	-23,03	-19,02	0,88	-18,58	4,18
720	0,0021	4,008	-23,615	-19,606	0,000	-19,606	0,000	4,01	-23,61	-19,61	0,00	-19,61	0,00

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ

Лист

51

2.6 Аналіз ефективних показників проектного двигуна та двигуна-прототипу.

Ефективні показники двигуна-прототипу та проектного двигуна. Таблиця 2.2

№п/п	Назва параметру	Позначення	Розмірність	Чисельні значення		Порівняння, у %
				Двигун-прототип	Проектований двигун	
1	Ефективна потужність	P_e	кВт	345	401,9	16,5
2	Середній ефективний тиск	p_{me}	кПа	847	963	13,7
3	Ефективний ККД	η_e	-	0,401	0,356	-11,2
4	Механічний ККД	η_m	-	0,865	0,9	4,05
5	Питома ефективна витрата палива	b_e	МДж	9,435	10,503	11,3
6	Діаметр циліндру	D	мм	250	250	0,0
7	Хід поршня	S	мм	340	340	0,0

Для порівняння кількості тепла, що використана проектованим двигуном та прототипом було зроблено перерахунок питомої ефективної витрати палива:

1. У дизельного двигуна

$$b_e = 0,222 \cdot 42500 = 9,435 \text{ МДж}$$

2. У проектного двигуна

$$b_e = 0,314 \cdot 33450 = 10,503 \text{ МДж}$$

Згідно завдання на проектування передбачалось збільшення ефективної потужності проектного двигуна на 55 кВт. Згідно отриманих результатів, наведених у таблиці 2.1 видно що, реальне зростання ефективної потужності дорівнює 56,9 кВт, що у відсотковому співвідношенні сягає 16,5%.

Крім того, відповідно завдання змінено вид палива, що використовується двигуном. Використання природного газу потребує зменшення тиску в камері згоряння для уникнення явищ детонації. Відповідно табл. 2.1 середній

ефективний тиск зменшився на 13,7%. Конструктивно це було досягнуто за рахунок змінення форми головки поршня.

Результати таблиці 2.1 показують зменшення ефективного ККД двигуна що проектується на 11,2% у порівнянні з прототипом.

Збільшення питомої ефективної витрати палива можна пояснити збільшенням ефективної потужності проектного двигуна, а також зміною виду палива у порівнянні з прототипом. Але кількість теплоти, що виділяється при згорянні палива в циліндрі проектного двигуна є більшою на 11,3%, що й дозволило збільшити потужність за умови незмінності геометрії циліндру та частоти обертання колінчастого валу

Також необхідно відмітити зменшення механічного ККД проектного двигуна на 11,2%.

Все вище зазначене дозволяє зробити висновок про необхідність застосування додаткових конструкторських рішень, направлених на збільшення міцності деталей кривошипно-шатунного механізму. Зазначені рішення описано в розділі 3 даної дипломної роботи.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						53
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Призначення, опис та аналіз існуючих систем та механізмів.

Поршень є однією із найбільш відповідальних та напружених деталей двигунів як чотиритактних так, особливо, і двотактних.

Поршень приймає на себе навантаження від сил тиску газів та сил інерції, а також теплові навантаження в результаті контакту днища з гарячими газами, головним чином в процесі згоряння та розширення. Крім того, корпус поршня додатково нагрівається від тертя його бокової поверхні по стінці циліндру.

В результаті дії гарячих газів днище поршня сильно нагрівається, внаслідок чого знижується його міцність та погіршуються умови змащування, а в карбюраторному двигуні підвищена температура днища сприяє виникненню детонації. Поршень передає теплоту стінкам циліндру головним чином поршневі кільця та юбку, через внутрішню поверхню днища і стінок – картерним газам та маслу, через поршковий палець – шатуну.

Внаслідок багатьох функцій, що виконує поршень, до матеріалу останнього пред'являються серйозні вимоги. Матеріалами для виготовлення поршнів служить чавун, сталь та легкі сплави. Поширеним матеріалом для поршневих двигунів внутрішнього згоряння усіх типів є чавун (як сірий, так і ковкий). Найбільш часто застосовують чавуни марок СЧ25, СЧ28, СЧ32. В напружених конструкціях двигунів для підвищення механічних якостей та теплостійкості застосовують леговані та зверх міцні чавуни: леговані присадками ванадію, титана, міді, хрому, наприклад, чавун марки ВЧ50-2.

Чавун та сталь порівняно із легкими сплавами характеризуються більш високою міцністю та зносостійкістю, а також малим коефіцієнтом лінійного розширення.

Із легких сплавів застосовують переважно алюмінієві (АЛ1, АЛ10В, АЛ19, В300 та інші), що відрізняються різноманітним хімічним складом. Найбільше

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

поширення знайшли мідно алюмінієві та кремній алюмінієві сплави. Останні мають кращі ливарні властивості та відносно низький коефіцієнт лінійного розширення. Крім того, при застосуванні цих сплавів збільшується зносостійкість поршневих канавок (при підвищеній температурі). Поршні із цих сплавів виготовляють методами лиття як в землю, так і в кокіль; останній спосіб дозволяє достатньо точно видержати масу заготовки, зменшити припуск для наступної механічної обробки та забезпечити порівняно низьку собівартість виготовлення.

Алюмінієві сплави, що деформуються, АК2, АК4, АК4-1, Д20 дають можливість получить заготовки поршня шляхом кування та штамповки. Сплави АК4-1 і Д20 мають переваги при підвищених температурах (вище 150 °С). Кращі властивості при температурах вище 300°С мають сплави Д20.

Перевагами поршнів, виготовлених із легких сплавів, в порівнянні з поршнями, виготовленими із чавунів та сталей, є менша маса та в 3...3,5 рази більш висока теплопровідність. При відносно низькій температурі алюмінієвих поршнів (250...350°С замість 400...450°С чавунних поршнів) підвищується коефіцієнт наповнення, а також появляється можливість підвищення ступеню стиску у карбюраторних двигунах без небезпеки виникнення детонації. Крім того, поршні із легких сплавів відрізняються меншим утворенням нагару при роботі та меншим тертям. Маса поршня із алюмінієвого сплаву при інших рівних умовах менше маси чавунного поршня на 30...50 %. В результаті більш низької температури, менших сил інерції та меншого тертя при заміні чавунних поршнів поршнями із легких сплавів потужність двигуна підвищується на 10...20% та зменшується витрата палива та масла. Проте при великих зазорах (в непрогрітому двигуні та при малих загрузках) поміж корпусом поршня та стінками циліндрів, якщо поршні виготовлені із легких сплавів, спостерігається стук, що приводить до підвищеного зношування двигунів, які працюють при змінних загрузочних режимах. Крім того, у цих поршнів гірші механічні властивості та нижча теплостійкість. До цього треба віднести високу вартість поршнів із легких сплавів та швидку розробку гнізд для поршневого пальця в бобишках і канавок кілець.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						55
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Вибір конструкції проектного поршня

3.2.1 Конструктивна форма днища поршня

Одним із найбільш частих дефектів поршнів слід вважати перегрів днища, який визиває відпуск матеріалів, погіршення механічних властивостей та втрату твердості. Періодична дія сил тиску газів разом з вказаним перегрівом визиває появу мілких тріщин, що призводять до руйнування днища. Температура поршнів залежить від параметрів процесу та конструкції двигуна. Значний вплив на температуру поршня мають конструкції гільз (втулок) та спосіб їх з'єднання з блоком циліндрів. Найбільш інтенсивного охолодження можна досягнути при мокрих гільзах. Значний вплив на розподіл температур в голівці поршня має також розташування передкамер та вихрових камер.

Велике значення для надійної роботи поршня має обрис днища. Форма днища визначається в першу формою камери згоряння, пов'язаною із способом сумішоутворення, розташуванням клапанів в кришці (головці), а в двотактних двигунах – і з системою газорозподілу.

На рис. 3.1 показані найбільш розповсюджені форми днищ, що застосовуються в форсованих двигунах (дизелях). Плоскі днища застосовують в двигунах із запалюванням від стиску, головним чином в передкамерних та вихрокамерних (а також в двигунах із зовнішнім сумішоутворенням). Днище, виконане по схемі рис. 3.1,а має підвищену жорсткість. Для даної конструкції характерна менша можливість утворення масляного нагару. Подібні днища застосовують в однокамерних та багатоканерних двигунах із запалюванням від стиску, а також у двигунах із зовнішнім сумішоутворенням. При такій конструкції днища можна в тій або іншій мірі придати необхідне направлення потоку повітря.

Днище, що виконане по схемі рис. 3.1,б утворює сприятливу форму камери згоряння, що наближається до шарової, при безпосередньому впорскуванні. Ці днища застосовують головним чином в чотиритактних двигунах як із внутрішнім,

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

так із зовнішнім сумішоутворенням та в деяких конструкціях двохтактних двигунів.

Днище поршня, що показане на рис. 3.1,в, утворює камеру згоряння, близьку по формі до факелу палива, що розпилюється. Такі днища застосовують при безпосередньому впорскуванні в двигунах із запалюванням від стиску як в чотиритактних, так і в двотактних при прямоточній продувці. В такій конструкції розпилене паливо не попадає на стінки циліндру, що покращує його витрату та попереджує попаданню його в мастило.

Днище, що показане на рис. 3.1,г сприяє поліпшенню сумішоутворення. Однак при такій формі необхідні спеціальні конструктивні заходи для підвищення надійності днища. Цю конструкцію застосовують в основному в чотиритактних двигунах із запалюванням від стиску з безпосереднім впорскуванням.

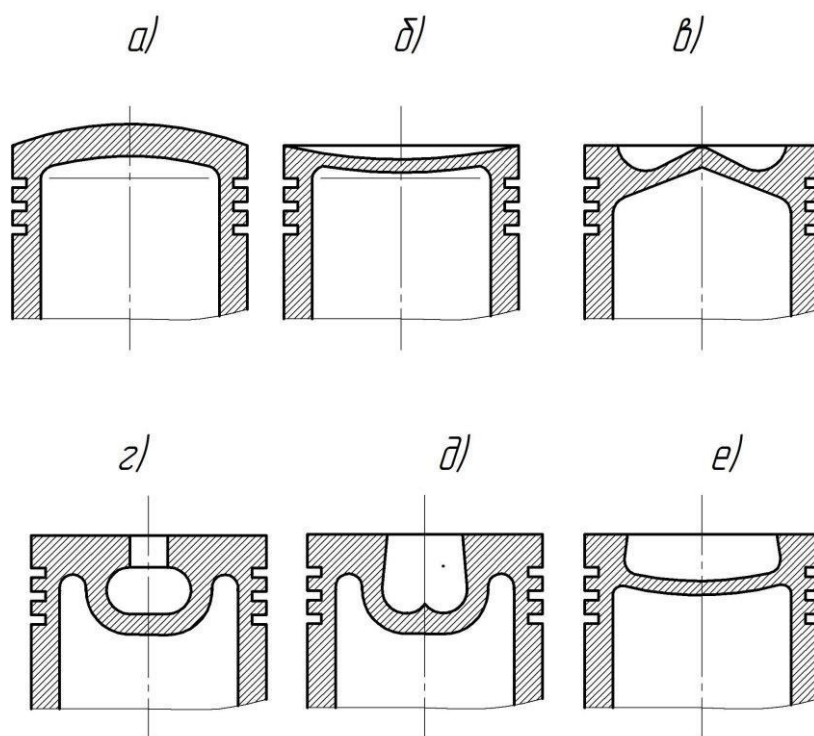


Рисунок 4.1 – Форми днищ поршня

Днище, що виконане по схемі рис. 3.1,д відрізняється формою, що сприяє покращенню сумішоутворення. Інколи камери згоряння, що розташовані в поршні,

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

зміщують в сторону для забезпечення тангенціального напрямку повітря, яке збільшує швидкість вихру. Але при цьому маємо нерівномірний розподіл температур в голівці поршня.

Днище, показане на рис. 3.1,е, завдяки більш простій формі відрізняється підвищеною надійністю, ніж днища показані на рис. 3.1,г,д. Таку конструкцію застосовують головним чином в чотиритактних двигунах із запалюванням від стиску.

3.2.2 Форма поршня

Форма корпусу поршня та його основні розміри визначаються в першу чергу умовами відведення тепла, що надходить від камери згоряння. Поршні виконують монолітними та складеної конструкції. Одні та другі можуть бути без охолодження та з охолодженням.

При конструюванні поршня необхідно прагнути до того, щоб він мав просту циліндричну, по можливості симетричну форму відносно вісі циліндру. Перехід від днища до стінок необхідно виконувати з великими радіусами закруглення для забезпечення рівномірної теплової загрузки в розрізах головки поршня. В напружених конструкціях бобишки зв'язують з днищем поздовжніми та поперечними ребрами. В легких двигунах великої потужності часто бобишки з'єднують безпосередньо з днищем, що полегшує штамповку внутрішньої поверхні поршнів.

Для зменшення температурних напружень раціонально застосовувати днища без ребер. Ребра ускладнюють виготовлення поршня та можуть служити причиною появи внутрішніх напружень в матеріалі.

Компресійні кільця застосовують в кількості від 2 до 6, в залежності від швидкохідності, а також від величини максимального тиску згоряння. Компресійні кільця не слід розміщувати близько до днища, так як внаслідок цього збільшується їх теплова напруженість, а особливо першого кільця, але віддалення

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						58
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кілець від днища приводить до збільшення загальної довжини бокової поверхні та висоти поршня. Це особливо необхідно враховувати при проектуванні легких малогабаритних двигунів, так як віддалення пальця від днища обумовлює збільшення габаритних розмірів двигуна в напрямку вісі циліндру.

Для двигунів тихохідних та середньої швидкохідності, коли технічними вимогами не передбачується особливо малі габаритні розміри двигунів, довжину поршня визначають, в основному враховуючи величину допустимого бокового тиску.

Для швидкохідних малогабаритних чотиритактних двигунів (з малим ресурсом) в першу чергу враховують можливість розміщення основних елементів конструкції: компресійних кілець, перемичок поміж ними, поршневого пальця з бобиками та маслоз'ємних кілець.

Практично пояс, що несе поршневі кільця, не приймає участі в передачі бокових сил: поверхня перерізна канавками. Наявність канавок не дозволяє також створити стійку масляну плівку. Величину зазору поміж цією частиною поршня та стінками циліндру вибирають із умови захисту поршневих кілець від дії гарячих газів, з однієї сторони, та з умови попередження попадання масла в камеру згоряння – з другої сторони. При цьому враховують температурні деформації корпусу поршня та стінок втулки циліндру. Зазор поміж юбкою поршня та стінками циліндру при роботі вибирають із розрахунку вільного переміщення поршня та його можливості встановлюватися (в деяких межах) під дією сил, що розвиваються в масляному шарі поміж поршнем та циліндром. Для зменшення тертя бажано збільшувати зазор, але це приводить до зростання витрати масла, стуку та зношуванню поршня внаслідок поперечного переміщення поршня в мертвих точках.

Зазор поміж поясом поршня, який несе поршневі кільця, та стінками циліндру виконують дещо більшим, ніж в направляючій частині.

Профілі бокової поверхні корпусу поршня, що показані на рис. 3.1, а-г, виконують у вигляді циліндричних або конічних ступенів. В деяких випадках,

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

особливо в останні роки, бокову поверхню поршня на висоті бобишок або дещо ближче до нижнього торця корпусу виконують бочкоподібною. При зміні робочої сторони поршня частина бокової поверхні вступає в контакт з циліндром, і тому дещо поліпшуються умови роботи бічної поверхні поршня, а також змащування юбки під час робочого ходу поршня.

Середні значення зазорів поміж корпусом поршня та стінкою циліндру:

Для чавунних та сталєхних поршнів

- зазор в стороні, що звернена до камери згоряння

$$\Delta D' = (0,004 \dots 0,008)D$$

- зазор в стороні, що звернена до колінчастого валу

$$\Delta D'' = (0,0008 \dots 0,0013)D$$

Для поршнів із алюмінієвого сплаву

- зазор в стороні, що звернена до камери згоряння

$$\Delta D' = (0,008 \dots 0,013)D$$

- зазор в стороні, що звернена до колінчастого валу

$$\Delta D'' = (0,001 \dots 0,003)D$$

В двигунах з повітряним охолодженням, що працюють при більш високих температурах, зазори поміж поршнями та циліндрами (в холодному стані) мають бути більшими, ніж зазори у двигунів з водяним охолодженням.

Вибір зовнішнього обрису направляючої частини корпусу залежить від деформації середньої частини поршня (в зоні розташування поршневого пальця). В результаті дії температурних деформацій, сили тиску газів на днище поршня та поперечної сили на бокову поверхню поршня розріз корпусу приймає овальну форму. Внаслідок того, що значна частина матеріалу розташована в напрямку вісі поршневого пальця, при нагріванні матеріал деформується нерівномірно, тому корпус в районі бобишок приймає форму овалу із збільшенням розміру вздовж вісі пальця (рис. 3.1.2). В тому ж напрямку деформацію визиває і дія сили F_N (рис. 3.2). В результаті цього поміж циліндром та частиною поршня, розташованою біля пальця, може виникнути натяг, що приведе до заїдання поршня.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						60
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вказані вище деформації враховують при виготовленні поршня: інколи корпусу поршня надають попередньо при механічній обробці овальну форму з більшою віссю овалу, що перпендикулярна до вісі поршневого пальця, або ж видаляють частину матеріалу із зовнішньої сторони корпусу біля поршневого пальця.

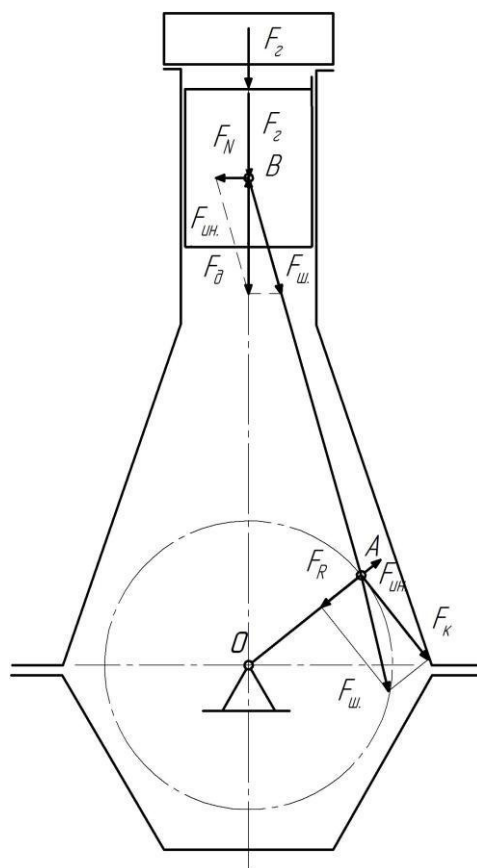


Рисунок 3.2 – Сили, що діють в шатунно-поршневій групі

Стінки юбки виконують постійної по довжині товщини або дещо зменшеною в напрямку від поршневого пальця до колінчастого валу. Нерідко стінку юбки виконують з потовщенням у кромки, яке попереджає стінку від можливих при складанні та розбиранні деформацій. Це потовщення використовують також для розташування маслорозподільних кілець; крім того, потовщення служить для підгонки поршнів по масі і при їх обробці – як база для кріплення.

Часто для усунення стуку та перекосу поршня в непрогрітому двигуні та попередження заїдань при роботі поршня із легких сплавів їх виконують

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

розрізними та еліптичними юбками. Розріз може бути виконаним по всій довжині юбки.

В цьому випадку пружна тонкостінна юбка деформується незалежно від деформації головки поршня, і зазор поміж корпусом поршня і стінкою циліндра може бути встановлений малим. Звичайно для збільшення міцності розріз роблять не по всій довжині; його виконують П-подібної або Т-подібної форми. В циліндрі поршень встановлюють так, щоб розріз був на тій стороні, де бокова сила менша. Подібні поршні виконують звичайно з юбкою еліптичної форми з малою віссю еліпса, яка направлена по вісі поршневого пальця. Різниця поміж вістями еліпса для поршнів автомобільних двигунів складає 0,1...0,3 мм. При холодному поршні забезпечується ходова посадка по розмірам більшої вісі еліпса. При роботі поршень деформується та приймає практично правильну циліндричну форму.

3.3 Опис конструкції запроєктованого поршня

На двигуні-прототипі 6ЧН 25/34 встановлено суцільний поршень, виготовлений з чавуну (рис. 3.3). На краях днища поршня з двох сторін виконані заглиблення для попередження дотику поршня до клапанів при їх відкриванні. В заглибленнях виконано два різьбових отвори, що призначені для загвинчування в них рим-болтів, які використовуються для виймання поршня з шатуном.

Поршень і шатун з'єднані сталевим порожнистим поршневим пальцем 9. Зовнішня поверхня пальці цементована та загартована. Від осьового переміщення палець утримується пружинними стопорними кільцями 8, що встановлені у кільцеві канавки внутрішніх бобишок поршня. На кінцях поршневого пальця встановлені заглушки 11, які мають на зовнішньому діаметрі кільцеву канавку для встановлення ущільнюючих кілець 12. Заглушки утримуються пружинними стопорними кільцями 10. Одна з заглушок має в центрі різьбовий отвір для знімання їх з поршневого пальця.

Поршень такий, що охолоджується. Масло з шатунної шійки через масляні

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

канали А, Б, В, і Г поступає до поршневого пальця. Через отвори в середній частині пальця масло поступає во внутрішню порожнину пальця, а потім через отвори, що розташовані на кінцях поршневого пальця, в кільцеву канавку і отвори, що розташовані в бобишках поршня – в порожнину поршня, що охолоджується. Залишки масла через отвір кришки поршня зливаються в картер.

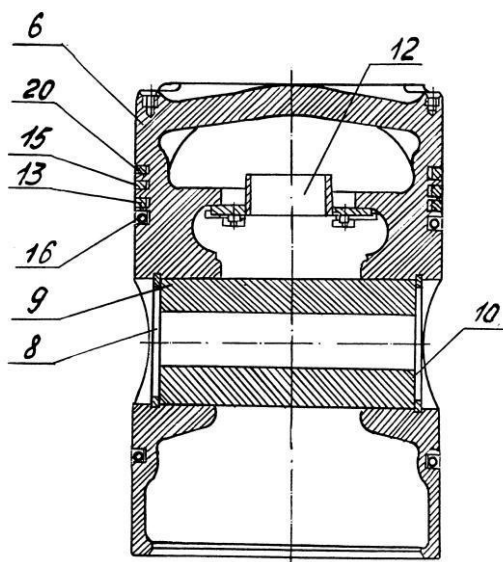


Рисунок 3.3 – Поршень двигуна-прототипу

6 – поршень; 8, 10 - стопорне кільце; 9 - палець; 12 - діафрагма; 13, 15, 20 – кільце компресійне; 16 - кільце маслоснімне.

Поршень має шість канавок, в яких розташовані поршневі кільця: в чотирьох верхніх – по одному компресійному, в двох нижніх – по два маслоснімних 16. Компресійні кільця мають в перерізі прямокутну форму, замок – косий. Верхнє компресійне кільце має на бічній поверхні зносостійке покриття. Маслоснімні кільця мають гострі кромки, які при встановленні в канавки повинні бути напрямлені донизу. Цими кромками при русі поршня донизу з дзеркала циліндра знімається масло, яке через отвори в поршні стікає в картер.

Поршневі кільця не застерігають від повороту в канавках. При встановленні поршня в гільзу циліндра замки поршневих кілець повинні бути зміщені одне відносно одного на кут 90° і розташовані по гвинтовій лінії. Різниця в масі поршнів на одному двигуні не більша за 1,0 kg.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

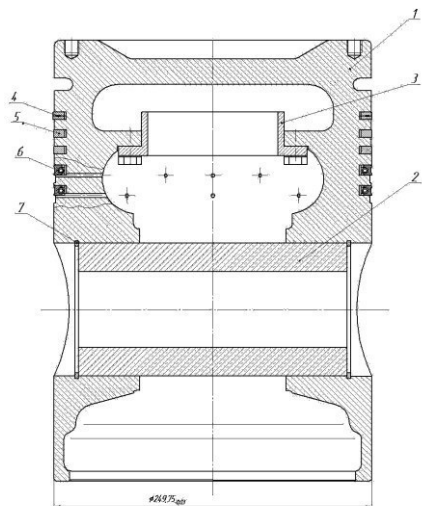


Рисунок 3.4 – Запроектований поршень

Для оптимізації процесу згорання форму днища поршня вибираємо камеру згорання коритоподібної форми, яка розташована в центрі днища і має мінімальну площу, де концентрується більша частина газоповітряної суміші. Це дасть змогу зменшити теплові втрати та зменшити появу детонації.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

3.4 Розрахунок запроектованого поршня на міцність

Розрахунки виконані за допомогою програми Microsoft Excel

Завданням розрахунку поршня на міцність є перевірка його працездатності при максимальному тиску згоряння

Вихідні дані для розрахунку

1.Потужність двигуна	$P =$	400	кВт
2.Число циліндрів двигуна	$i =$	6	
3.Питома ефективна витрата палива: -природного газу	$q_e =$	0,225	$\frac{m^3}{(кВт \cdot год)}$
4.Нижча теплота згоряння газу	$Q_H =$	34500	кДж / кг
5.Доля загальної кількості теплоти, відведеної через голвку поршня	$a =$	0,06	
6.Максимальний тиск згоряння	$P_{max} =$	10,684	МПа
7.Діаметр поршня	$D =$	0,25	м
8.Внутрішній діаметр канавки під компресійне кільце	$D_k =$	0,23	м
9.Внутрішній діаметр поперечного перерізу головки головки поршня	$D_{BH} =$	0,2	м
9.Робоча висота юбки поршня	$L_{II} =$	0,24	м
10.Діаметр поршневого пальця	$d =$	0,105	м
11.Робоча довжина гнізд під палець в бобишках поршня	$l_p =$	0,095	м
12.Діаметр зовнішній бобишки поршня	$D_B =$	0,152	м
13.Товщина днища поршня	$\delta =$	0,021	м
14.Радіус защемлення днища поршня	$r =$	0,08	м
15.Коефіцієнт, що враховує пружність защемлення	$\xi =$	1	
16.Максимальна нормальна сила, що діє на поршень, знаходиться із динамічного розрахунку двигуна	$F_N =$	31780	Н
17.Матеріал поршня	Чавун		

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

18.Модуль пружності для матеріалу поршня $E = 100000$ МПа

Алюміній - $0,72 \cdot 10^5$ Чавун - $1 \cdot 10^5$ Сталь - $2,1 \cdot 10^5$ Мпа

19.Коефіцієнт Пуасона для матеріалу поршня $\mu = 0,3$

Алюміній - $0,26$ Чавун - $0,3$ Сталь - $0,3$

20.Коефіцієнт лінійного розширення матеріалу поршня $\alpha = 1,1E-05$ $^{\circ}C^{-1}$

Алюміній - $1,9 \cdot 10^{-5}$ Чавун - $1,1 \cdot 10^{-5}$ Сталь - $1,4 \cdot 10^{-5}$

Розрахунок

Розрахунок поршня виконуємо в його небезпечних перерізах від сили тиску газів

1.Площа днища поршня $A_{\Pi} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$ $F_{\Pi} = 0,049$ $м^2$

2.Максимальна сила тиску газів $F_{\Gamma} = A_{\Pi} \cdot P_{max}$ $F_{\Gamma} = 524,18$ $кН$

3.Площа поперечного перерізу поршня по канавці компресійного кільця

$$A_{min} = \frac{\pi \cdot (D_K^2 - D_{BH}^2)}{4} \quad F_{min} = 0,010 \quad м^2$$

4.Напруження стиску в перерізі поршня по канавці компресійного кільця $\sigma_{CT} = \frac{F_{\Gamma}}{A_{min}}$ $51,76$ МПа

Допустимі напруження стиску для поршнів із:

чавуну 60МПа алюмінію 40МПа сталі 60МПа

Умова міцності виконується

5.Питомий тиск поршня на втулку робочого циліндру $K = \frac{F_N}{D \cdot L_{\Pi}}$ $K = 0,49$ МПа

Допустимий питомий тиск для поршнів із чавуну 0,2...0,5 МПа алюмінію 0,5...1,0 МПа

Умова міцності виконується

6.Питомий тиск в бобишках поршня

$$q = \frac{F_{\Gamma}}{2 \cdot d \cdot l_p} \quad q = 45,58 \quad МПа$$

Допустимий питомий тиск для поршнів із чавуну 35...45МПа алюмінію 25...30МПа

Умова міцності виконується

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						66
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.Перевірка бобишків поршня на зріз

Площа зрізу бобишків поршня $A = \frac{2 \cdot \pi \cdot (D_o^2 - d^2)}{4}$ $A = 0,01896 \text{ м}^2$

Напруження зрізу в бобишках поршня $\tau = \frac{F_r}{A}$ $\tau = 27,64 \text{ МПа}$

Допустимі напруження зрізу для поршнів із чавуну 35МПа алюмінію 25МПа

Умова міцності виконується

Розрахунок днища поршня

Днище поршня розраховується, як кругла пластина, що закріплена по контуру і навантажена рівномірно розподіленою навантажкою

1.Найбільші нормальні напруження по контуру закріплення:

- в радіальному напрямку

$$\sigma_x = \frac{3 \cdot \xi \cdot r^2 \cdot p_{\max}}{4 \cdot \delta^2}, \text{МПа}$$

$\sigma_x = 116,29 \text{ МПа}$

- в тангенціальному напрямку

$$\sigma_y = \frac{3 \cdot \mu \cdot r^2 \cdot p_{\max}}{4 \cdot \delta^2}, \text{МПа}$$

$\sigma_y = 34,89 \text{ МПа}$

2.Напруження в центрі днища поршня

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{3}{8} \cdot (1 + \mu) \cdot \frac{r^2}{\delta^2}, \text{МПа}$$

$\sigma_x = 75,59 \text{ МПа}$

3.Теплове навантаження днища поршня визначається тепловою напруженістю, під якою мається на увазі кількість теплоти q, що проходить через одиниці поверхні в одиницю часу

$$q = \frac{\alpha \cdot P_e \cdot q_e \cdot Q_n}{3600 i \cdot F_n}, \text{кВт/м}^2$$

$q = 175,80 \text{ кВт/м}^2$

Різницю температур між оберненою до камери згоряння поверхнею днища і поверхнею, що охолоджується маслом можна знайти із рівняння для передачі тепла через плоску стінку

$$\Delta t = \frac{q \cdot \delta}{\lambda}, ^\circ \text{C}$$

$\Delta t = 70,6 ^\circ \text{C}$

де $\lambda = 523 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ \text{C}$ - коефіцієнт теплопровідності для чавуну

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						67
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При жорсткому заземленні днища по контуру радіальні σ_r та тангенціальні напруження σ_t від вісьового перепаду температур на периферії та в центрі днища знаходяться по формулі

$$\sigma_r = \sigma_t = \sigma_T = \frac{\alpha \cdot E}{2 \cdot (1 - \mu)} \cdot \Delta t, \text{ МПа} \quad \sigma_T = 55,46 \quad \text{МПа}$$

Сумарні механічні і термічні напруження на периферії

$$\sigma_\Sigma = \sigma_x + \sigma_T, \text{ МПа} \quad \sigma_\Sigma = 171,75 \quad \text{МПа}$$

Допустимі напруження для днищ поршнів із чавуну

$$[\sigma] = 150 \dots 220 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

3.5 Розробка технологічного процесу складання поршня

Відповідно ГОСТ 3.1109-82 технологічний процес - частина виробничого процесу, що з'єднує цілеспрямовані дії по зміні стану предмету.

Технологічна операція - це закінчена частина процесу, що виконана на одному робочому місці. Під переходом розуміється частина робіт, виконуваних за одну установку виробу.

Безпосередньому виконанню технологічних операцій передують етапи технічної і технологічної підготовки виробництва, у складі яких є стадія підготовки технологічної документації - проектування і розробка технологічних процесів з дотриманням правил на певних видах документів.

Види технологічної документації.

Всі види технологічних процесів описуються в певних документах. Залежно від призначення технологічні документи підрозділяються на основні і допоміжні. До основних документів відносяться документи, що повністю і однозначно визначають технологічний процес виготовлення виробу і несуть різну інформацію, що необхідна для вирішення інженерно-технічних, планово-економічних і організаційних задач.

До допоміжних документів відносяться документи, які використано при розробці, впровадженні і функціонуванні технологічних процесів (наприклад, карти замовлень на проектування оснащення, акт упровадження технологічного процесу і ін.).

Основні документи підрозділяються на документи загального і спеціального призначення (ГОСТ 3.1103-81).

Документи загального призначення:

- титульний лист (ТЛ) - призначений для оформлення комплектів технологічної документації і є його першим листом;

- карта ескізів (КЕ) - графічний документ, що містить ескізи, схеми, таблиці, призначені для виконання технологічних операцій і переходів, включаючи

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						69
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контроль;

- технічна інструкція (ТІ) - документ, призначений для опису технологічних процесів, методів і прийомів, що повторюються при виготовленні (ремонті) виробів. Застосовується з метою скорочення об'єму технологічної документації.

Документів спеціального призначення значно більше. Деякі документи використовуються при розробці технологічних процесів в кваліфікаційних роботах:

- маршрутна карта (МК) - документ, призначений для маршрутного. або маршрутно-операційного опису технологічного процесу, або вказівки повного складу технічних операцій при певному описі виготовлення, включаючи контроль, переміщення по всіх операціях в технологічній послідовності з вказівкою даних про устаткування, оснащення, матеріальні і трудові витрати;

- карта технологічного процесу (КТП) - документ, призначений для операційного опису технологічного процесу в технологічній послідовності по всіх операціях одного виду обробки, збірки з вказівкою переходів, технологічних режимів і даних про засоби технологічного оснащення, а також матеріальних і трудових витратах;

- операційна карта (ОК) - документ, призначений для опису технологічної операції з вказівкою послідовності виконання переходів, даних про засоби технологічного оснащення, режимів і трудових витратах. Застосовується при розробці одиничних технологічних процесів;

- карта комплектації (КК) - документ, призначений для вказівки даних про деталі, складальні одиниці і матеріали, що входять в комплект збираного виробу. Застосовується при розробці одиничних технологічних процесів збірки.

У даній кваліфікаційній роботі розроблено технологічний процес складання поршневої групи, який наведено в додатках.

Прогресивний технологічний процес складання, в якому докладно, досконально пропрацьовано кожну операцію, з урахуванням послідовності складання. Це дає можливість проведення нормування технологічного процесу,

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						70
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

враховуючи кожну деталь і виконані при її укладанні рухи, дії, її розміри, масу, відстань від складу заготовок і таке інше. Складання є завершальною частиною виготовлення виробу і виконується після механічної і других видів обробки. Трудомісткість складання становить 10...15% від трудомісткості механічної обробки в умовах масового виробництва, 25...40% в серійному виробництві, 30...60% в умовах одиничного і малосерійного.

В процесі складання вузла і механізму загалом перевіряється правильність всіх сполучень і взаємного розміщення окремих деталей. Технологічний процес складання, як і процес механічної обробки, складається із окремих операцій з урахуванням всіх найменших подробиць.

Технічне нормування робіт в машинобудуванні є невід'ємною складовою розробки технологічного процесу. Технічна норма часу є на виробництві важливим фактором підвищення продуктивності праці. Вона має бути передовою, прогресивною, такою, що стимулює використання високопродуктивних методів виробництва. Під прогресивною технічною нормою часу в машинобудуванні треба розуміти час, необхідний для виконання даної операції, при визначених організаційно-технічних умовах, з врахуванням найбільш ефективного використання умов виробництва, на умовах найбільш ефективного використання передових методів складання, передової техніки і обладнання, технологічного оснащення, раціональної організації праці.

Для розрахунку технічної норми часу необхідно роздробити робочий час на складові частини і норму часу на елементи, кожний із яких може бути вираховано дуже точно. Незалежно від розглянутої класифікації елементів технологічного процесу, всі роботи, що виконуються прилюбній виробничій операції, в машинобудівному виробництві розподіляються по типам: основна робота, допоміжна, підготовчо-заклучна.

Кожен технологічний процес, операція, підхід, перехід мають бути відпрацьовані досконало з найменшими витратами праці і енергії, що здешевлює виробництво, підвищує його конкурентоспроможність і ефективність.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						71
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблица 3.1

Нормування технологічного процесу складання поршня

№ операції	Зміст роботи по переходам	Чинники, які впливають на визначення норми часу	№ карти, сторінка	Норма часу, хв
005	Підготовчча 1.Получити деталі відповідно комплектувочній карті, доставити на робоче місце. Оглянути деталі на відсутність дефектів. 2. Застопорити вал колінчастий і установити на підставку 3.Протерти шийки вала, галтелі і отвори ганчір'ям, змоченим дизпаливом 4.Оглянути шийки, галтелі, за полірувати риски, задирки та інші дефекти транспортування 5.Продути отвори стислим повітрям Разом на операцію	Маса деталей до 70 кг, крупних деталей n = 7, дрібних до 100 штук Строповка захватами, маса до 1300кг, l до 10м Ø шийки до 250мм, число шийок – 13 Ø шийки до 250мм, число шийок – 13 Деталь складної форми, з виступами	к.171, с.288 к.172, с.289 к.1, с.18 к.4, с.20 к.8, с.24 к.38, с.61 к.9, с.25	3,92 6,6 0,23 1,3 0,53x13 = = 6,9 2,6x13 = = 33,8 5,0 57,8 хв.
010	Складальна 1.Зібрати шестерню демпфіруючу поз.1 з шестернею поз.6, закріпити болтами поз.12 2.Підігнати шпонку поз.11 по шпон очному пазу вала і запресувати 3.Перемістити диск поз.7, шестерню демпфіруючу поз.1 до ванни, нагріти, перемістити до місця складання, посадити на шийку вала до упору 4.Встановити на торець валу колінчастого диск поз.10, закріпити 4-ма болтами поз.14 5.Запресувати шпонку в шпоночний паз колінчастого валу поз.2. Нагріти в ванні шестерню поз.8 Посадити її на шийку вала до упору. 6.Зібрати 12 прижимів поз.9 з шестернею поз.8, закріпити кожний болтом поз.13 з шайбою поз.15 Разом на операцію	Ø > 250мм, маса до 100 кг, 8 болтів М8х45 Шпонка 20х12х70 Маса деталей до 100 кг, Ø посадки до 250 мм Болт М8х30, маса деталі до 10 кг Шпонка 20х12х50 Ø запресовки до 250 мм, l = 50мм Болт М10х50, 12 шт.	к.69 с.95 к.96 с.133 к.105 с.151 к.102 с.184 к.126 с.189 к.88 с.123 к.105 с.151 к.102 с.184 к.126 с.189	2,5 1,2x8 =9,6 2,0 1,0 8,5 2,4x4 = 9,6 4,0 2,0 8,5 1,6x12 = 19,2 66,9 хв.
015	Складальна противаг 1.Змастити різьбу болтів поз.4 машинним маслом 2.Перевірити прилягання контактних поверхнею противаг 3.Встановити противаги поз.3 на щоки 4.Затягнути болти поз.4 в два прийоми з моментом 200 Нм 5.Відкріпити болти поз.4 6.Остаточно затягнути болти поз.4 в два прийоми на 60° кожний після попереднього їх обжиму моментом 180 Нм 7.Контролювати прилягання противаг до щоки колінчастого валу щупом 8.Встановити штифти поз.5	Ø болта до 20 мм, l до 100мм Площа прилягання до 80см² Маса до 15 кг Ø болта до 20 мм, l до 100мм	к.12,с.30 к.111, с.163 к.126, с.189 к.126, с.186	0,15x24 = = 3,6 2,5x12 = 30 3,6x12 = = 43,2 2,3x24 = = 55,2 1,5x24 = = 36 2,6x24 = = 62,4

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ

Лист

72

	Разом на операцію	Зазор 0,05 мм, кількість точок 2 Ø штифта до 15 мм, 1 до 50мм	к.16, с.37 к.86, с.120	0,24х12 = 2,9 1,5х24 = 36 269,2 хв.
020	Балансировочна 1.Встановити краном колінчастий вал з противагами на пристосування 2.Збалансувати деталь і установити масу дисбалансу 3.Усунути дисбаланс колінчастого валу з противагами за рахунок висвердлювання отворів в противагах поз.3 4.Збалансувати колінчастий вал остаточно Разом на операцію	Маса до 1500 кг Маса дисбалансу до 0,5 кг	к.1, с.18 к.148, с.259 к.148, с.256 к.148, с.259	3,5 44,5 4,5 35,5 88 хв.

Розрахунок штучно-калькуляційного часу виконуємо по формулі

$$T_{шт.к} = T_{шт} + T_{п.з}/n, \text{ де}$$

$T_{шт}$ – штучний час на операцію, хв.

$T_{п.з}$ – підготовчо – заключний час;

$n = 1$ – партія виробів, що складаються.

Визначаємо штучний час

$$T_{шт} = \Sigma T_0 + T_{обс.} + T_{відп.} + T_{ос.п.}, \text{ де}$$

ΣT_0 - сумарний оперативний час по всіх операціям технологічного процесу

$$\Sigma T_0 = T_{0\ 005} + T_{0\ 010} + T_{0\ 015} + T_{0\ 020} = 57,8 + 66,9 + 269,2 + 88,0 = 481,9 \text{ хв.}$$

$T_{обс.}$, $T_{відп.}$, $T_{ос.п.}$ - відповідно час на обслуговування робочого місця, на відпочинок та особисті потреби приймаються в розмірі 11% від оперативного часу.

$$T_{шт} = T_{оп.} \cdot (1 + 11/100) = 481,9 \cdot 1,11 = 534,9 \text{ хв.}$$

До підготовчо-заключного часу входить час, що витрачається на отримання наряду, креслень необхідних для роботи, технічної документації (технологічного процесу), ознайомлення з роботою, отримання та здача інструменту, здача роботи майстру. $T_{п.з.}$ приймається рівним 3,5% від оперативного часу

$$T_{п.з} = 534,9 \cdot 3,5/100 = 18,7 \text{ хв}$$

Остаточно штучно-калькуляційний час

$$T_{шт.к} = 534,9 + 18,7/1 = 553,6 \text{ хв.}$$

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Правовою основою законодавства щодо охорони праці є Конституція України, Закон України: « Про охорону здоров'я » , «Про пожежну безпеку», «Про використання ядерної енергії і радіаційний захист», « Про забезпечення санітарно – епідеміологічного благополуччя населення», а також Кодекс законів про працю України.

14 жовтня 1992 року Верховна Рада України прийняла Закон « Про охорону праці». Цей закон визначає основні положення по реалізації конституційного права громадян на охорону їхнього життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює при участі відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи й організації або уповноваженим їм органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці і виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Специфічною особливістю українського закону, що регламентує правову основу охорони праці, є високий рівень прав і гарантій працівникам. До позитивних моментів Закону України « Про охорону праці» безперечно належить закріплення за державою функцій управління і нагляду за охороною праці.

4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів створених проєктованим двигуном.

При роботі дизель-генератора виникають наступні небезпечні і шкідливі фактори: незахищені механізми і елементи, які постійно рухаються; шум і вібрація; ємності, що працюють під тиском; виділення шкідливих речовин; теплове випромінювання; пожежна небезпека; можливість поразки електричним струмом.

4.1.1 Механізми і елементи двигуна, які рухаються

Елементи, що рухаються, формують навколо себе небезпечну зону, у якій

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

можливе захоплення одягу обслуговуючого персоналу, у результаті того виникають важкі травми.

До даних механізмів висуваються наступні вимоги Правил Регістра:

- обладнання стаціонарними огороженнями обертових і частин, що рухаються, у вигляді кожухів, кришок із суцільного металу або сіток;
- постачання блокувальними пристроями механічного типу, а у випадку застосування електропривода-пристроями електричного типу, що припиняють роботу механізму при відкритих огороженнях або завищених експлуатаційних параметрах;
- постачання запобіжними пристроями, які попереджають вихід на аварійний режим.

Небезпечні зони повинні забезпечуватися покажчика, табличками, сигнальним розцвіченням, плакатами. Забороняється робити виправлення дефектів на частинах, які рухаються.

4.1.2 Захист від шуму та вібрації

Рівень шуму - один з найважливіших показників суднової дизельної установки, що повинний відповідати вимогам Санітарних правил для морських судів.

У судових дизелів рівні шуму перевищують найбільші значення, що рекомендується Морським Регістром (не вище 100 Дб на відстані 1 м до двигуна), а тим більше санітарну норму 95 Дб.

Шум значно погіршує продуктивність праці. Впливає на людину, при інтенсивному рівні шуму тривалий час спостерігається втома слухового апарату, що може привести до часткового чи навіть до повної втрати слуху. Санітарні норми шуму приведені в таблиці 4.1

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						75
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Санітарні норми шуму

Таблиця 4.1

b, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
α_0 , Дб	103	96	91	88	85	83	81	80

Вібрація.

Вібрація виникає через динамічну неврівноваженість мас кривошипно-шатунного механізму ДВЗ. Локальна вібрація викликає спазми судин і погіршує кровообіг. Загальна вібрація з частотою 0,7 Гц викликає морську хворобу, з частотою 4 – 30 Гц може викликати ушкодження плечового пояса, більшості внутрішніх органів через резонансні явища. Санітарні норми вібрації приведені в таблиці 4.2

Санітарні норми вібрації

Таблиця 4.2.

Напрямок нормування вібрації	Середньоквадратична віброшвидкість (чисельник, м/с*10 ⁻²), логарифмічний рівень віброшвидкості (знаменник, дБ)						
	1	2	4	8	15	31,5	63
вертикаль	20/132	7,1/123	2,5/114	1,3/108	1,1/107	1,1/107	1,1/107
горизонталь	-	3,5/117	1,3/108	0,63/102	0,56/101	0,56/101	0,56/101

Розрахунок рівня шуму і вібрації в приміщенні енергетичної установки

Рівень шуму вироблений двигуном 6ГЧН 26/34 визначається по формулі:

$$L = \left[54 + 10 \cdot \lg(n_n + P_e^{0.55}) + 30 \lg\left(\frac{n}{n_n}\right) \right], \text{Дб}$$

де: n_n – номінальна частота обертання, $n_n = 500 \text{ хв}^{-1}$;

n – робоча частота обертання, $n = 500 \text{ хв}^{-1}$;

P_e – номінальна потужність двигуна, $P_e = 400 \text{ кВт}$.

$$L = \left[54 + 10 \lg(500 + 400^{0.55}) + 30 \lg\left(\frac{500}{500}\right) \right] = 82.96 \text{ Дб}$$

Рівень шуму перевищує припустимі значення. Необхідно проводити заходи щодо зниження рівня шуму.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Для зниження аеродинамічного шуму, створеного двигуном, використовуються глушники різних конструкцій. Використання глушників дозволяє знизити загальний рівень шуму на 10 – 12 Дб.

Для зниження повітряного шуму, випромінюваного зовнішніми поверхнями двигуна, використовуються звукоізолюючі кожухи бокси, що дозволяють знизити загальний рівень шуму на 10 – 15 Дб, а додатково на 20 Дб і вище.

Для зниження механічного шуму необхідно зменшити зазори між деталями і вузлами, виготовляти конструкції з матеріалів з великим внутрішнім тертям і шумопоглинальними покриттями.

Рівень вібрації для двигуна визначається по формулі:

$$L = 44 + 10 \lg \left(\frac{n_n \cdot Pe^{0.55} \cdot \left(\frac{1 + Pe}{m} \right)}{1 + \left(\frac{1}{1500} \right)^3 \cdot \frac{m}{Pe}} + 30 \lg \left(\frac{n}{n_n} \right) \right), \text{Дб}$$

де m – маса двигуна, $m = 10350$ кг;

$$L = 44 + 10 \lg \left(\frac{500 \cdot 400^{0.55} \cdot \left(\frac{1 + 400}{10350} \right)}{1 + \left(\frac{1}{1500} \right)^3 \cdot \frac{10350}{400}} + 30 \lg \left(\frac{500}{500} \right) \right) = 74.3 \text{Дб}$$

Для зменшення рівня вібрації в конструкції двигуна передбачено: добір поршнів і шатунів по вагових групах, маховик, противаги й інші.

Заходи щодо зниження шуму і вібрації.

Шум і вібрація, присутня на двигунах внутрішнього згоряння впливають на здоров'я працюючих, зменшує продуктивність праці, притупляється увага. Двигуни відносяться до найбільш гучних механізмів, у більшості випадків є основними джерелами шуму і вібрації. Найбільш ефективним і, у той же час, найбільш складним є метод боротьби із шумом самого двигуна. Суть методу – у спеціальній організації робочого місця і конструктивному оформленні двигуна і його вузлів, у поліпшеній технології виготовлення й обробки деталей двигуна

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

(підвищена точність нарізування зубів шестірні, загальне доведення і притирання деталей, вибір мало гучних підшипників).

Одним з найбільш розповсюджених методів є ізоляція звуку і вібрації. Ізоляцію повітряного шуму виконують за допомогою звукоізолюючих кожухів і перегородок, а також за допомогою звукоізоляції приміщення.

Ефективним способом зменшення шуму і вібрації є установа віброгасників у місцях підвищеної вібрації, а також закріплення дверей та люків з метою зменшення тремтіння.

Дуже ефективним і важливим способом зменшення шкідливого впливу шуму на людський організм є використання індивідуальних способів захисту від шуму: пробки і навушників, гермо шоломів і касок у сукупності з пробками, звукоізолюючих кабін з який провадиться управління двигуном. Способи індивідуального захисту в залежності від їхньої конструкції і частоти шуму дозволяє зменшити сприйнятий людиною звук на 15 – 20 Дб.

Тому заходи що до зниження рівня шуму повинні носити комплексний характер і включати:

- зниження шуму основних джерел в цілому або окремих його вузлах від машинного відділення;
- зниження основних джерел шуму самого двигуна;
- звукоізоляцію машинного відділення.

Основні заходи що до зниження повітряного шуму:

- установка ефективних глушників на впуску повітря і випуску газів, що відробили;
- застосування малошумних камер згорання;
- зниження максимального тиску згорання.

Основні заходи щодо зниження рівня шуму механічного походження:

- можливе зменшення діаметрального зазору в поршнях тронкових двигунів;
- введення гідравлічних штовхальників або буферів у клапано-розподільчий механізм;

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

- усунення вібрації дизеля, викликаної невірноваженими силами і моментами, а також недостатньою твердістю рами;
- усунення шуму передатних шестерень і зубчастих коліс, викликаного конструктивними або технологічними причинами;
- облицювання вібро поглинаючими покриттями поверхні катера корпусів нагнітачів, кожухів передач;
- капотування дизелів швидкохідного типу.

Комплексні заходи щодо установки в цілому:

- покриття звукоізолюючими і звуковбирними матеріалами стін МВ;
- установка двигуна на вібро ізолюючих пристроях;
- розміщення двигуна в звукоізолюючому відсіку з виводом систем управління і контролю до центрального поста;
- установка в МВ звукоізольованих кабін.

4.1.3 Безпека ємностей, що працюють під тиском

Ємності, які знаходяться під тиском, можуть викликати серйозні руйнування. Причинами аварій можуть бути: відсутність або несправність запобіжних клапанів чи редукторів, дефекти при виготовленні, монтажі і ремонті судів, зносі стінок посудин.

Відповідно до Правил Морського Регістра, ємності, що працюють під тиском, повинні відповідати наступним вимогам.

- корпуса ємностей повинні мати надійні кріплення до фундаменту;
- кожна ємність повинна мати пристрій продування;
- отвори для люків повинні бути тільки стиковими;
- зварені шви ємностей повинні бути тільки стиковими;
- міцність фланців, болтів стінок, зварених швів повинна бути підтверджена розрахунком;
- падіння тиску при іспиті на міцність не повинне перевищувати

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

0,3...0...0,5% протягом однієї години;

- тиск при іспиті на міцність для сталевих ємностей складає :

$P_{icn} = 1,5 P$ при $P \leq 0,5$ МПа;

$P_{icn} = 1,25 P$ при $P > 0,5$ МПа;

- посудини, що працюють під тиском, встановлюють у місцях, які виключають скупчення людей.

Перед експлуатацією ємності ці місця повинні бути технічно оглянуті інструктором Морського Регістра.

4.1.4 Шкідливі речовини

При роботі дизель-генератора виділяються шкідливі і токсичні речовини.

Повітряне середовище дизель-генераторної електростанції повинне контролюватися наступними нормативними актами: Метрологічне забезпечення в галузі безпеки праці; Методичні вказівки за контролем повітряного середовища:

- окис вуглецю , m^2/m^3 , 20

- окис азоту, m^2/m^3 , 5

- бензол, m^2/m^3 , 5

- пари свинцю, m^2/m^3 , 0,01

Для підтримання гранично-припустимих концентрацій шкідливих речовин у МВ дизель-генераторної електростанції використовується система вентиляції.

4.1.5 Теплове випромінювання

Нагріті поверхні головного двигуна є джерелом теплового випромінювання 300...500 Вт/м². Для захисту обслуговуючого персоналу від впливу теплових випромінювань застосовують герметизацію і теплоізоляцію механізмів, машин, трубопроводів.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						80
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1.6 Пожежна безпека

Пожежі в дизель генераторі можуть виникнути при порушенні збереження ГЗМ, несправностях газоходу, скупченнях палива й масла під настилом, вибухах несправностях електроустаткування. Для запобігання пожеж необхідно дотримувати вимог Посібника із проведення пожежно-профілактичної роботи.

Конструктивне рішення захисту від пожежі - застосування вогнестійких матеріалів, наявність об'ємно-хімічних і повітряно-пінних систем і засобів пожежогасіння.

- установа сигналізації виявлення пожежі;
- наявність аварійного виходу з дизель-генераторної;
- автономна система вентиляцій в дизель-генераторної;
- наявність повітряних труб із запобіжними сітками і поплавками камерами в цистернах палива й масла.

Виходи повітряних труб розташовані в місцях, які виключають скупчення нафтопродуктів і їхніх пар.

4.2 Охорона навколишнього середовища

4.2.1 Забруднення навколишнього середовища газами, які відробили.

Питання охорони навколишнього середовища останнім часом висунулося в число найважливіших. Екологічна безпека поряд з ефективним функціонуванням засобів захисту навколишнього середовища забезпечується правовим, економічними і соціальними факторами.

Основними законодавчими актами, спрямованими на забезпечення екологічної безпеки, є :

- «Закон України про охорону навколишнього середовища» від 25.06.1999р.
- «Водний кодекс України, прийнятий 18.12.1990 р.
- «Кодекс України про надра», прийнятий 27.07.1994 р.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

- «Лісовий кодекс України», прийнятий 21.01.1994 р.

Велику шкоду навколишньому середовищу наносять гази дизелів, що відробили, у яких утримується сажа і компоненти неповного згорання палива.

До складу газів двигунів внутрішнього згорання, що відробили, входить близько 200 компонентів. По характеру впливу на організм людини, хімічної структури і властивостями основні з них можна розділити на шість груп:

- нетоксичні речовини N_2, O_2, H_2 , водяний пар H_2PO , а також діоксин вуглецю C_2 ;

- окис вуглецю C , має шкідливий вплив приводить до кисневого голодування, а також виникненню порушень центральної нервової системи людини;

- окиси азоту NO_x по дії на людський організм більш небезпечні, ніж C ;

- альдегіди, в основному формальдегіди;

- сажа, яка є переносником канцерогенних речовин.

До складу газів двигунів, що відробили, при використанні сірчастих палив входять також неорганічні гази: сірчастий ангідрид SO_2 і сірководень H_2S . Практика показала, що найбільш токсичними компонентами газів, що відробили, є оксид азоту, концентрація яких залежить від концентрації камери згорання. Низькооборотні двигуни виробляють більше NO_x , чим середньооборотні або високооборотні двигуни. Тому припустима норма NO_x для мало оборотних дизелів складає 20т/кВт. год.

З 1 січня 2000 р. введений у дію новий державний стандарт ДСТ 51249-99 «Дизель суднові тепловози і промислові». Викиди шкідливих речовин з газами, що відробили. Норми і методи визначення, вимоги які допускається поширювати на дизель в умовах експлуатації, у тому числі і після капітального ремонту. Виходячи з цього, а також з урахуванням положень Закону «Про охорону атмосферного повітря» № 96 –РЗ від 04.05.99р. і прийнятого у вересні 1997 р. Додатка VI «Правила запобігання забруднення повітряного середовища із судів» до

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						82
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

міжнародної Конвенції МАРПОЛ 73/78 на морському і річному транспорті продовженні і розширені роботи по створенню ефективних засобів для зниження забруднення атмосферного повітря.

4.2.2 Методи захисту атмосфери

Відомі наступні методи фізичної і хімічної обробки газів, що відробили, з метою очищення навколишнього середовища від шкідливих речовин і теплового забруднення: утилізації теплових утрат; каталітична, вогньова і рідинна нейтралізація, фільтрація й інше.

Утилізація теплових витрат на судні здійснюється з метою удосконалювання СЕУ, впливає також і на характер забруднення навколишнього середовища, зменшуючи величину теплових викидів. Дія каталітичних нейтралізаторів заснована на без вогневого окислюванні продуктів неповного згорання палива C і $C_x H_y$ в CO_2 і H_2O , а також на розкладанні з'єднань NO_x у вихідні речовини N_2 і O_2 . Вогневе допалювання паливних елементів газів, що відробили, здійснюється в спеціальній камері при температурі 700-850 °С.

Принцип дії рідинних нейтралізаторів заснований на розчиненні або хімічному зв'язуванні токсичних компонентів при пропусценні газів, що відробили, через рідину відповідного складу, такою рідиною може бути і вода. Рідинні нейтралізатори, крім свого прямого призначення, гасять розпечені тверді частки газів, що відробили, це підвищує комфортабельність судна в цілому.

У простих конструкціях рідинного нейтралізатора, заповненого водою проходячи через шар рідини, гази нейтралізуються і надходять у вихідну трубу, з якої віддаляються в атмосферу. Робота рідинного нейтралізатора не залежить від режиму роботи двигуна.

У випускних трубопроводах двигунів при відсутності утилізаційних парогенераторів встановлюють іскрогасники, що запобігають викиду розпечених часток палива і сажі в навколишнє середовище.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі виконано розрахунки:

- Робочого процесу двигуна
- Динамічний розрахунок
- Теплового балансу
- Розробка конструкції та розрахунок на міцність поршня
- Організація охорони праці та захист навколишнього середовища
- Розроблено технологічний процес складання поршня

При виконанні кваліфікаційної роботи були розглянуті і обґрунтовані питання вибору об'єкту, де буде встановлено двигун і описана характеристика цього об'єкту.

Були зроблені висновки по основним показникам роботи двигуна і вимоги по його експлуатації.

В конструкторському розділі було проведено вибір та обґрунтування вихідних даних для теплового розрахунку, виконано тепловий розрахунок двигуна, проведено розрахунок індикаторної діаграми, виконано динамічний розрахунок двигуна та розрахунок теплового балансу.

В розділі 3 була розроблена конструкція поршня та виконані його розрахунки на міцність. Також було розраховано норми часу на виконання технологічних операцій то розроблено технологічний процес складання поршневої групи.

В 4-му розділі кваліфікаційної роботи було розглянуто джерела забруднення оточуючого середовища й атмосфери, розроблені заходи з охорони праці та навколишнього середовища.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						84
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Нестеренко В.В., Лисих А.Ю. Теоретичні передумови застосування альтернативних палив як екологічно безпечних енергоресурсів. //Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 80): матеріали Міжнародної наукової інтернет - конференції, (м. Тернопіль, Україна – м. Ополе, Польща. 19-20 вересня 2023р. – С. 214-216.

2. O. Cherednichenko, M. Tkach, B. Timoshevskiy, V. Havrysh, S. Dotsenko. Improving the efficiency of a gas-fueled ship power plant using a Waste Heat Recovery metal hydride system. Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie № 59 (131) – 30.09.2019. – С. 9 – 15.

3. I. Shvets, O. Hrabovenko, S. Dotsenko, V. Nesterenko. «Results of the Experimental Research of the Medium Speed Diesel Engine Work on Soybean Oil». // 24rd International Scientific Conference on Transport Means 2020: – Kaunas, Trakai, Lithuania, 2020. – Pages 671-675.

4. Нестеренко В.В. Фідровська Н.М., Писарцов О.С. Визначення впливу геометричних параметрів канатних блоків на довговічність канату.: - Підйомно-транспортна техніка, Вип. 1(62), 2020, - с. 19-28

5. Фідровська Н.М., Ломакін А.О., Хурсенко С.О., Нестеренко В.В. Напружений стан дротинки канату в процесі згинання на блоці.: - Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, Вип. 92, т.1, 2021, - с.184-187

6. Методичні вказівки до виконання розрахунку робочого процесу, теплового балансу, теоретичної та дійсної індикаторної діаграми газового двигуна з дисципліни «Теорія ДВЗ» // Доценко С.М., Бельський Ф.В., Григоренко В.О.-Первомайськ ПП, 2010.

7. І.О. Григурко, М.Ф. Брендюля, С.М. Доценко Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) «Новий світ – 2000», Львів, 2006. – 576с.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						85
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

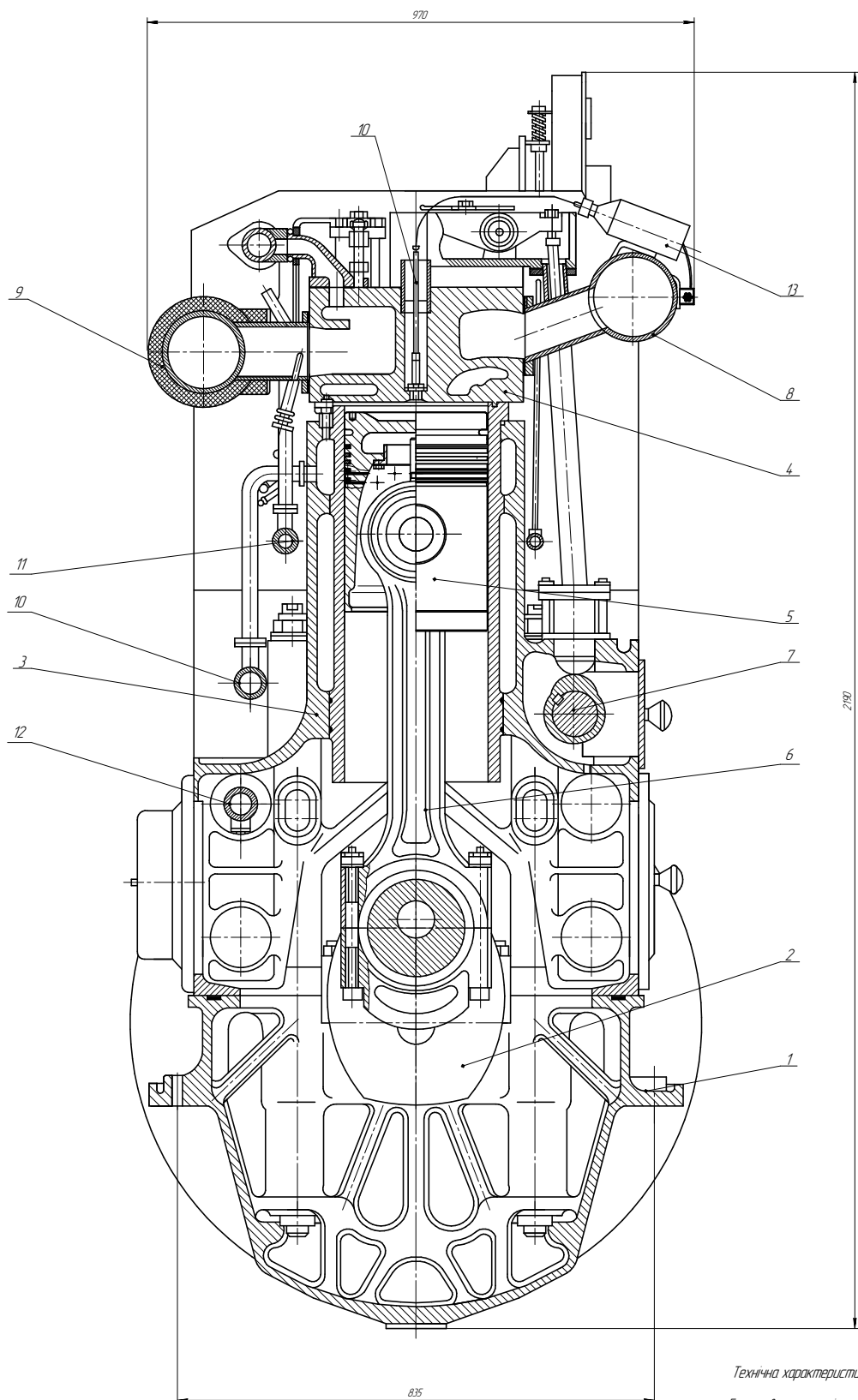
8. Григурко І. О., Анастасенко С. М., Доценко С. М. Проектування технологічних процесів в судновому машинобудуванні (Практикум). «Новий світ – 2000», Львів, 2017. – 348с.

9. С.М. Доценко О.І. Грабовенко, І.А. Швець, А.Ю. Лисих [Експериментальні дослідження екологічних параметрів дизельного двигуна при роботі на соєвій олії](#). Збірник наукових праць НУК – Миколаїв: НУК, 2023. – № 2 - 3 (491- 492). – С. 49 – 56.

10. S. Dotsenko, V. Nesterenko, A. Lysykh, O. Hrabovenko, I. Shvets Mathematical modelling of emissions of toxic components of a medium speed diesel engine when operating on soybean oil. 27rd International Scientific Conference on Transport Means 2023 04.10. - 06.10.2023: – Palanqa, Lithuania, 2023. – Pages.

					ПННІ НУК 131.63.24.13 ПЗ	Лист
						86
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №		А1						
			Подп. и дата					
Инв. № подл.								
		Инв. № подл.						
Инв. № подл.								
		Инв. № подл.						
Инв. № подл.								
		Инв. № подл.						
Инв. № подл.								
		Инв. № подл.						
Инв. № подл.								
		Инв. № подл.						
Инв. № подл.								
		Инв. № подл.						
Инв. № подл.								
		Инв. № подл.						
Инв. № подл.								
		Инв. № подл.						
Инв. № подл.								
		Инв. № подл.						
Инв. № подл.								
		Инв. № подл.						
Инв. № подл.								
		Инв. № подл.						



Технічна характеристика

Ефективна потужність $P_e = 4,00$ кВт.
Частота обертання колінчастого валу $n = 500$ хв⁻¹.
Діаметр циліндра $D = 250$ мм.
Хід поршня $S = 340$ мм.
Степінь стиску $\epsilon = 10,5$.
Ефективна витрата газопального палива $b_e = 0,293$ м³/(кВт·год).

Технічні вимоги
Масло яке використовується на двигуні – МГ10Г₂ЦС.
Охолоджувача рідина: вода прісна з антикорозійною присадкою ВНИИТТ117/Д.

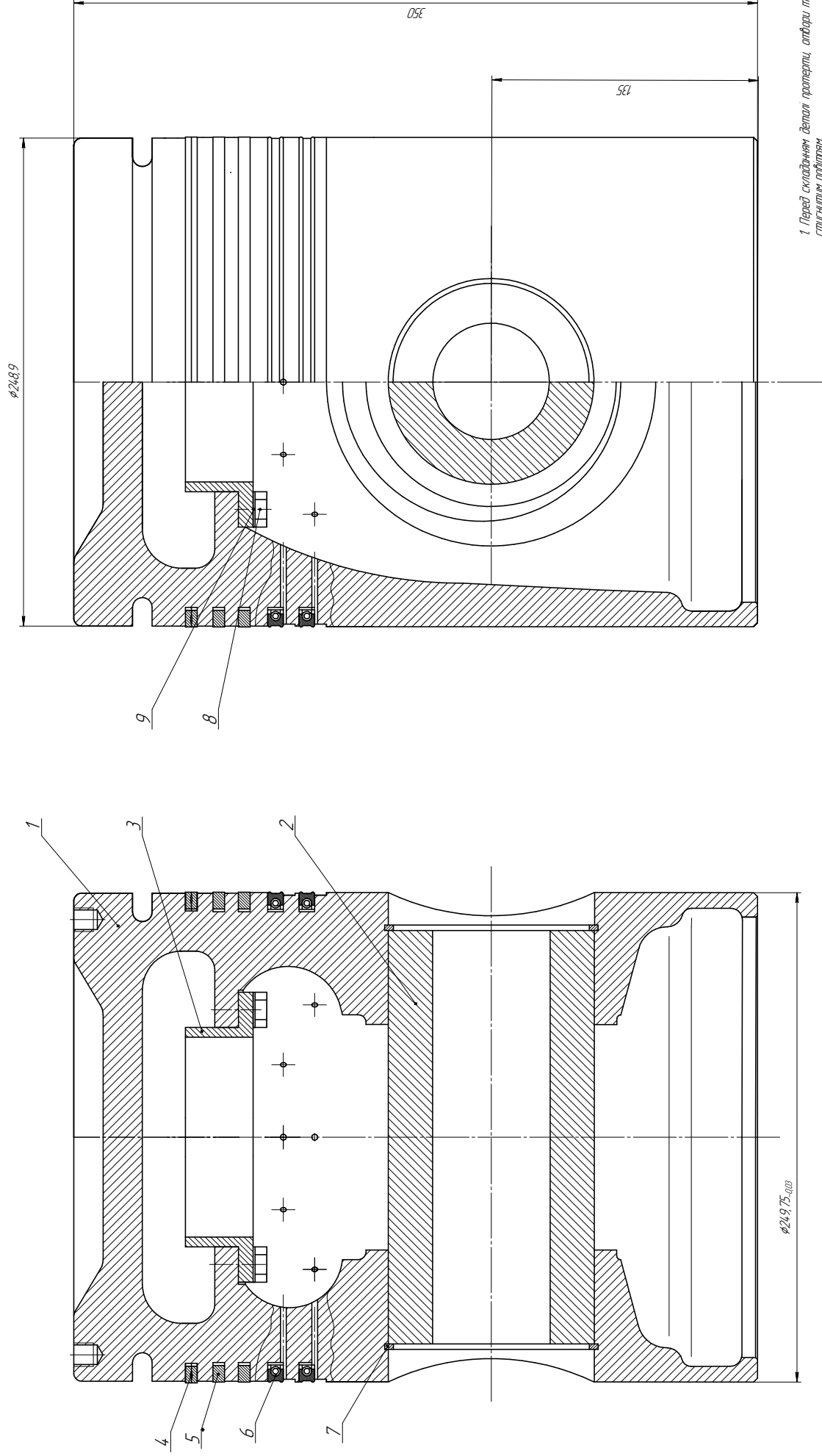
ПНН НУК 13163.24.13СК					
Двигун 6ГЧН 25/34					
Лист	Листів	№ докум.	Підп.	Дата	Лит
Розроб.	Схвалити	ДІВ			4
Проб.	Нествержено	ВІВ			7500
Лектор	Нествержено	ВІВ			14
Начальн.	Нествержено	ВІВ			Лист
Зам.	Нествержено	ВІВ			Листів

63-ТЕМмаз-23

Копіювати

Формат А1

[illegible]



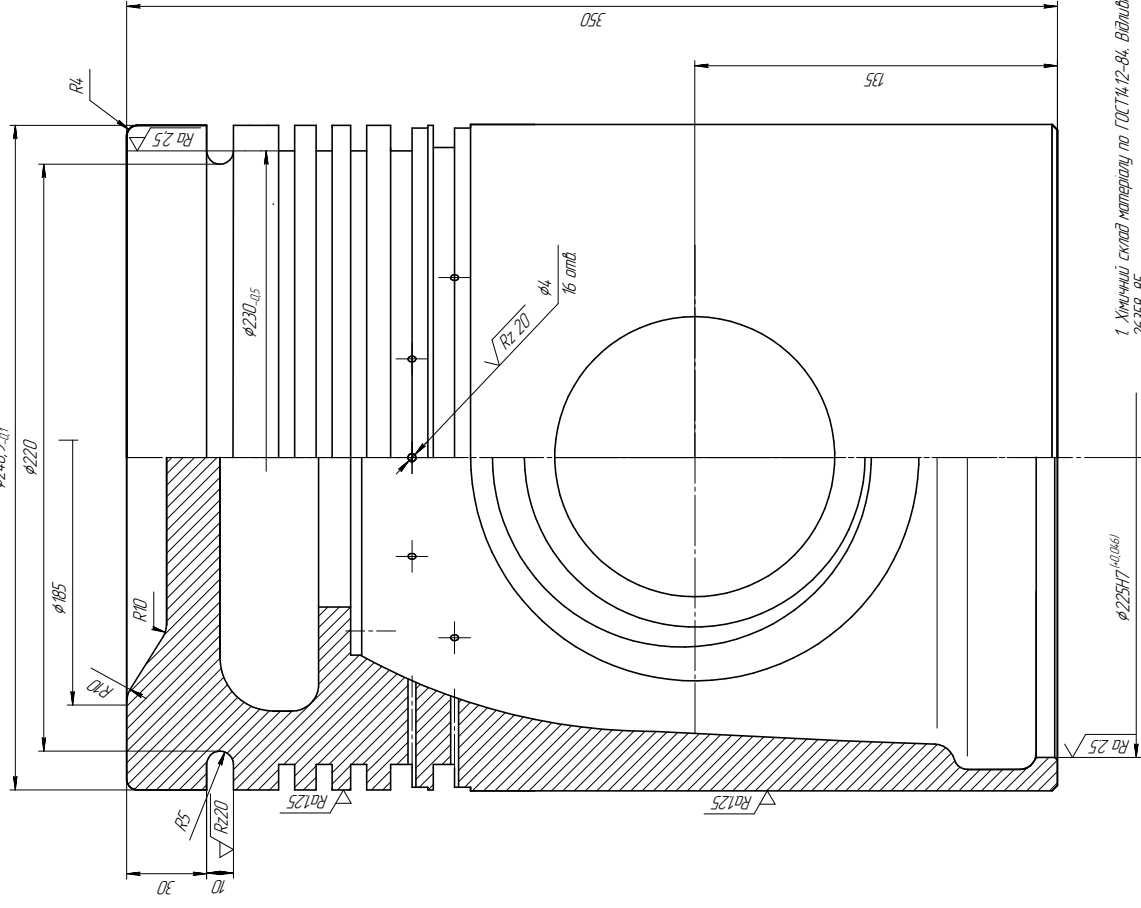
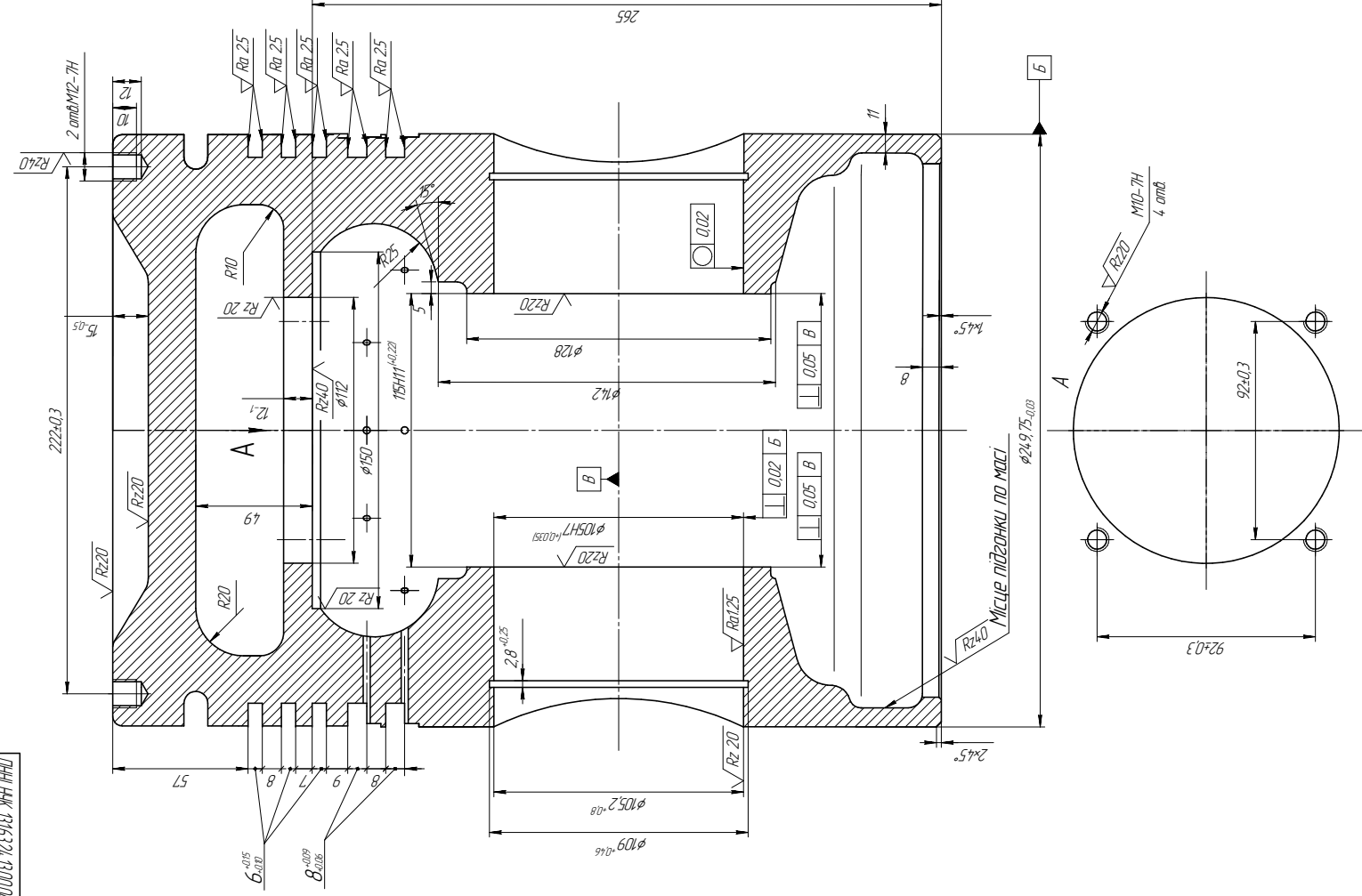
1. Переві складанням деталей та параметри, проведи спільним підпорядком.
2. Паралельні кімнати встановлюються в кімнати та з'єднані за допомогою спеціального пристосування.
3. Паралельні кімнати з'єднані маслосом, поділяти вільно обертатися в кімнати кожного ас парця.
4. З'єднані паралельні кімнати розташовані під кутом 90° відносно один одного по дванадцять ліній.
5. Різниця у масі з'єднаних паралельних кімнат різних кімнат, призначених для установами, в одному двінадцять мас бути не більшою 0,5 кг.
6. Після установами другого спільного кімнати перевернути новизність заводу між парем погляди на спільним кімнати. Спільним заводу між

бүтүл не менше 0,4 мм

7. Маркувати наданим способом поряжковий номер циліндру (шрифтом 5-йр ГОСТ 26.008-85).

8. Розміри для довідок.

[illegible]



1. Хімічний склад матеріалу по ГОСТ 12-84. Відлітка по 26359-85
2. Механічні властивості матеріалу поршня 21
- Горючість 180,262 НВ. Перевірку проводити на двійці поршня після термообробки не менше двох разів 22 Гранична міцність при розпалігненні 250МПа (25 кгс/см²) 3.Небезпечні властивості радіуси виконувати по R2.Розпалігнені ухили 3,5° 4. Небезпечні з'являння відхилення розмірів отворів H4, валів H4, інших 5
- Перевірку розмірів поршня виконувати при температурі надлишкового нагріву 239±5К (20±5°С).
6. На односторонніх поверхнях галтели поршня не дозволяються потішки, дилати.

усадочна та газова пористість. На необроблених поверхнях голтиків паршків не допускаються притиски, стержневі сучки, просад. 8
7. Гасити кожний каністрол по паливній кінцеві зазначеній R.0.2
Допустиме граничне відхилення маси паршків $\pm 0,5$ кг, відхилення паршків
встановлених на відношу, дивізори не більше 0,2 кг. Палюючи виконувати
розподілу по відношу, на кресленнях місці. 9. Зобов'язано
поверхню паршків фосфатувати. Допускається фосфатувати всього
палиша.

[illegible]

Дудл.					
Зам.					
Ориг.					

[illegible]

ПННН НУК	131.63.24.13.15.0.0 СК		0228800005
Поршень			

Затверджую

Підпис _____ Прізвище Нестеренко В.В.

Land

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

на технологічний процес складання
парашевої групи

Разродѣѣ
Солтык Д.В.

Перевірив
Нестеренко В.В.

Н.КОНТР

